



TUGAS AKHIR -TE 141599

**KONSTRUKSI DIAGRAM *LADDER* DENGAN METODE
PETRI NET UNTUK *CRUDE PALM OIL PROCESS***

Rifqi Zain
NRP 07111645000043

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan]



FINAL PROJECT -TE 141599

***LADDER DIAGRAM CONSTRUCTION WITH PETRI NET
METHOD FOR CRUDE PALM OIL PROCESS***

Rifqi Zain
NRP 07111645000043

Supervisor
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar, S.T., M.T.

***ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018***

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“Konstruksi Diagram Ladder dengan Metode Petri Net untuk Crude Palm Oil Process”** merupakan hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan – bahan yang tidak diijinkan dan buka merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2018



Rifqi Zain
NRP 07111645000043

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**KONSTRUKSI DIAGRAM LADDER DENGAN
METODE PETRI NET UNTUK CRUDE PALM OIL PROCESS**


TUGAS AKHIR


Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. Ir. Mochammad Rameli
NIP.19541227 1981031002


Eka Iskandar, ST., MT.
NIP.19800528 2008121001



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KONSTRUKSI DIAGRAM *LADDER* DENGAN METODE *PETRI NET* UNTUK *CRUDE PALM OIL PROCESS*

Nama : Rifqi Zain
Pembimbing 1 : Dr.Ir.Mochammad Rameli
Pembimbing 2 : Eka Iskandar, ST., MT

ABSTRAK

Sistem otomasi pada pabrik kelapa sawit merupakan sistem baru yang belum familiar bagi perusahaan kelapa sawit di dalam negeri. Padahal penggunaan sistem otomasi dapat melakukan efisiensi baik dari segi sumber daya listrik, memudahkan proses pekerjaan, meningkatkan kualitas produk dan menambah keamanan pada proses produksi. Proses *crude palm oil* melewati beberapa proses yaitu *bunch reception*, perebusan (*sterilization*), penebahan (*threshing*), pelumatan (*digestion*), pemerasan (*pressing*), pemurdian (*oil clarification*), pengeringan (*oil drying*) dan penyimpanan. Untuk menjalankan sistem secara otomatis pada proses *crude palm oil*, diperlukan *programmable logic control* (PLC). Diagram *ladder* merupakan salah satu metode untuk memprogram PLC. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengkonstruksi diagram *ladder*, metode yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *Petri net*. Sebuah model alur proses otomasi dari *crude plam oil process* dibuat dengan metode tersebut sehingga dapat digunakan untuk membuat rancangan konstruksi diagram *ladderi* yang dapat diimplementasikan pada PLC yang digunakan untuk *crude palm oil process*. Dari hasil konstruksi diagram *ladder* didapatkan diagram *ladder* sebanyak 198 *rung* yang terdiri dari 120 *rung* proses dan 78 *rung output*. Pada *rung* proses terdapat 11 buah *timer* dan 81 *flag* atau memori yang digunakan.

Kata kunci : *Crude Palm Oil Process, Petri net, Diagram Ladder, PLC*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LADDER DIAGRAM CONSTRUCTION WITH PETRI NET METHOD FOR CRUDE PALM OIL PROCESS

Name : Rifqi Zain
Supervisor 1 : Dr.Ir.Mochammad Rameli
Supervisor 2 : Eka Iskandar, ST., MT

ABSTRACT

The automation system at the oil palm plant is a new system that is not familiar to oil palm companies in the country. Whereas the use of automation systems can perform efficiencies both in terms of electrical resources, facilitate the work process, improving the quality of products and provide an ease to the production process. The process of crude palm oil goes through several processes: bunch reception, boiling (sterilization), threshing, digestion, pressing, oil clarification, oil drying and storage. In order to run the system automatically in the crude palm oil process, programmable logic control (PLC) is required. Ladder diagram is one method to program PLC. There are several methods that can be used to construct ladder diagrams, the method used in this final project is Petri net. A process-driven automation model of the crude palm oil process is made by the method so that it can be used to construct a ladder diagram design that can be implemented on PLCs used for the crude palm oil process. Ladder diagram construction results 198 rung that 120 of them are processes rungs, and the rest of them are output rungs. There are 11 timers and 81 flag or memory used in the processes rung.

Keywords : *Crude Palm Oil Process, Petri net, Diagram Ladder, PLC*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Konstruksi Diagram *Ladder* dengan Metode *Petri Net* untuk *Crude Palm Oil Process*”**. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat dan membantu menyelesaikan karya tulis ini. Oleh karena itu, ucapan terima kasih penulis sampaikan secara khusus kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga
2. Bapak Mochammad Rameli dan Bapak Eka Iskandar sebagai pembimbing
3. Rekan – rekan Lintas Jalur angkatan 2016, terutama mahasiswa Teknik Sistem Pengaturan
4. Rekan – rekan Tugas Akhir bimbingan Bapak Rameli dan Bapak Eka yang selalu menyemangati dan menemani
5. Sahabat penghuni kontrakan dan seluruh alumni yang selalu mendukung.
6. Pihak lain yang ikut membantu penulis tidak dapat disebutkan namanya satu-persatu

Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri maupun bagi penelitian selanjutnya.

Surabaya, Juli 2018

Rifqi Zain
NRP 07111645000043

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi.....	3
1.6. Sistematika.....	4
1.7. Relevansi atau Manfaat.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. <i>Crude Palm Oil Process</i>	5
2.1.1. Panen Buah Sawit	5
2.1.2. <i>Buch Reception</i>	7
2.1.3. <i>TBS Handling dan Transfer</i>	11
2.1.4. <i>Sterilizer</i>	13
2.1.5. Penebahan atau Pemipilan.....	16
2.1.6. Pelumatan	19
2.1.7. Pengempaan.....	21
2.1.8. Klarifikasi atau Pemurnian Minyak	22
2.1.9. <i>Oil Storage Tank</i>	27
2.2. <i>Programmable Logic Control</i>	28
2.2.1. Bagian-Bagian PLC	29
2.2.2. PLC OMRON CQM1.....	30
2.2.3. Pemrograman PLC.....	30
2.2.4. Pengunduhan Program	33
2.3. HMI	33
2.4. OPC	34
2.5. <i>Petri Net</i>	36

2.5.1.	Aturan Konversi <i>Petri Net</i>	37
BAB 3	PERANCANGAN SISTEM.....	41
3.1.	Perumusan Sistem <i>Crude Palm Oil Process</i>	41
3.1.1.	Langkah Kerja.....	43
3.2.	Perancangan <i>Petri Net</i>	58
3.2.1.	Pengelompokan Komponen	58
3.2.2.	Perancangan <i>Petri Net</i>	64
3.3.	Pengalamatan Komponen.....	71
3.4.	Pemrograman Diagram <i>Ladder</i>	73
3.4.1.	Proses Konstruksi Diagram <i>Ladder</i>	73
3.5.	Perancangan HMI	83
BAB 4	PENGUJIAN DAN ANALISA	87
4.1.	Proses Pengujian.....	87
4.2.	Uji Sistem.....	90
BAB 5	PENUTUP.....	103
5.1.	Kesimpulan.....	103
5.2.	Saran	103
DAFTAR PUSTAKA		105
LAMPIRAN		109
RIWAYAT HIDUP		173

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bagian Buah Sawit	5
Gambar 2.2. Jenis Buah Kelapa Sawit.....	6
Gambar 2.3. (a) TBS Mentah, (b) TBS Matang, (c) TBS Terlalu Matang.....	8
Gambar 2.4. (a) Janjang Kosong, (b) TBS Abnormal.....	8
Gambar 2.5. (a) TBS Tangkai Panjang, (b) TBS Digigit Tikus	8
Gambar 2.6. Proses <i>Grading</i>	9
Gambar 2.7. <i>Loading Ramp</i>	9
Gambar 2.8. <i>Pintu Loading Ramp</i>	10
Gambar 2.9. <i>Sistem Indexer</i>	11
Gambar 2.10. <i>Indexer Transfer Carriage</i>	12
Gambar 2.11. <i>Connecting Rail Bride</i>	13
Gambar 2.12. (a) dan (b) <i>Sterilizer</i> , (c) dan (d) <i>Pintu Sterilizer</i>	14
Gambar 2.13. Proses Perebusan Tiga Puncak	15
Gambar 2.14. <i>Tipper</i>	18
Gambar 2.15. <i>Thresher</i>	18
Gambar 2.16. <i>Digester Tank</i>	19
Gambar 2.17. <i>Screw Press</i>	21
Gambar 2.18. <i>Sand Trap Tank</i>	23
Gambar 2.19. <i>Oil Vibrating</i>	23
Gambar 2.20. <i>Crude Palm Oil Tank</i>	24
Gambar 2.21. <i>Desanding</i>	25
Gambar 2.22. <i>Decanter Centrifugal</i>	26
Gambar 2.23. <i>Oil Purifier Tank</i>	27
Gambar 2.24. <i>Oil Storage Tank</i>	27
Gambar 2.25. <i>Programmable Logic Control</i>	28
Gambar 2.26. Skema Penggunaan PLC	28
Gambar 2.27. PLC CQM1	29
Gambar 2.28. Bagian – bagian modul PLC CQM1	30
Gambar 2.29. Diagram <i>Ladder</i>	31
Gambar 2.30. <i>Function Block Diagram</i>	32
Gambar 2.31. <i>Instruction List</i>	32
Gambar 2.32. <i>Structure Text</i>	32
Gambar 2.33. <i>Sequential Function Chart</i>	33
Gambar 2.34. Wonderware Intouch.....	34
Gambar 2.35. Skema	35

Gambar 2.36. KEPServerEX.....	35
Gambar 2.37. Elemen Dasar <i>Petri Net</i>	36
Gambar 2.38. Konversi Model <i>Petri Net</i> ke Diagram <i>Ladder</i> dengan Fungsi <i>Set/Reset</i>	38
Gambar 3.1. Diagram Alir Tahapan Perancangan Sistem.....	41
Gambar 3.2. <i>Crude Palm Oil Process</i>	42
Gambar 3.3. PN <i>Initial</i>	64
Gambar 3.4. PN Langkah 1.....	65
Gambar 3.5. PN Langkah 2.....	66
Gambar 3.6. PN Langkah 3.....	66
Gambar 3.7. PN Langkah 4.....	67
Gambar 3.8. PN Langkah 5.....	67
Gambar 3.9. PN Langkah 6.....	68
Gambar 3.10. PN Langkah 7.....	68
Gambar 3.11. PN Langkah 8.....	69
Gambar 3.12. PN Langkah 9.....	69
Gambar 3.13. PN Langkah 10.1.....	70
Gambar 3.14. PN Langkah 10.2.....	70
Gambar 3.15. Proses Simulasi Model <i>Petri Net</i> secara Menyeluruh ...	71
Gambar 3.16. Rung Langkah <i>Initial</i>	74
Gambar 3.17. Rung Langkah 1.....	75
Gambar 3.18. Rung Langkah 2.....	76
Gambar 3.19. Rung Langkah 3.....	76
Gambar 3.20. Rung Langkah 4.....	77
Gambar 3.21. Rung Langkah 5.....	78
Gambar 3.22. Rung Langkah 6.....	78
Gambar 3.23. Rung Langkah 7.....	79
Gambar 3.24. Rung Langkah 8.....	80
Gambar 3.25. Rung Langkah 9.....	80
Gambar 3.26. Rung Langkah 10.1.....	81
Gambar 3.27. Rung Langkah 10.2.....	82
Gambar 3.28. Halaman Panel <i>Input</i>	83
Gambar 3.29. Halaman <i>Overview</i>	84
Gambar 3.30. Halaman Sub Proses 1.....	84
Gambar 3.31. Halaman Sub Proses 2.....	85
Gambar 3.32. Halaman Sub Proses 3.....	85
Gambar 4.1. <i>Running Rung</i> Langkah 1.....	90
Gambar 4.2. <i>Running Rung</i> Langkah 1.....	91
Gambar 4.3. <i>Running Rung</i> Langkah 2.....	92

Gambar 4.4. <i>Running Rung</i> Langkah 3.....	93
Gambar 4.5. <i>Running Rung</i> Langkah 4.....	94
Gambar 4.6. <i>Running Rung</i> Langkah 5.....	95
Gambar 4.7. <i>Running Rung</i> Langkah 6.....	96
Gambar 4.8. <i>Running Rung</i> Langkah 7.....	97
Gambar 4.9. <i>Running Rung</i> Langkah 8.....	98
Gambar 4.10. <i>Running Rung</i> Langkah 9.....	99
Gambar 4.11. <i>Running Rung</i> Langkah 10.1	100
Gambar 4.12. <i>Running Rung</i> Langkah 10.2	101

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi Kematangan Buah	7
Tabel 2.2. Komponen <i>Digester Tank</i>	20
Tabel 2.3. Terjemahan Suatu Sistem atau Proses ke Model <i>Petri Net</i> ..	36
Tabel 2.4. Analogi Diagram <i>Ladder</i> dengan <i>Petri Net</i>	37
Tabel 2.5. Variasi Logika pada Diagram <i>Ladder</i> dan <i>Petri Net</i>	38
Tabel 3.1. <i>Input</i> Sistem.....	43
Tabel 3.2. <i>Output</i> Sistem	47
Tabel 3.3. Langkah Kerja Sistem	50
Tabel 3.4. Pengelompokan Komponen <i>Place</i>	58
Tabel 3.5. Pengelompokan Komponen <i>Transition</i>	62
Tabel 3.6. Pengalamatan <i>Input</i> dan <i>Output</i>	72
Tabel 4.1. Pengalamatan pada OPC	87

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan produsen *crude palm oil* terbesar di dunia. Pada tahun 2015 terdapat 11,3 juta ha kebun kelapa sawit dan menghasilkan 31,3 juta ton *crude palm oil* sehingga Indonesia berkontribusi 53% dari produksi *crude palm oil* dunia [1]. Produksi *crude palm oil* diharapkan dapat terus ditingkatkan. Berdasarkan rencana strategi direktorat jendral perkebunan tahun 2015-2019, proyeksi produksi *crude palm oil* pada tahun 2019 mencapai 36,4 juta ton [2]. Meskipun Indonesia merupakan eksportir *crude palm oil* tertinggi, hal ini tidak dapat menjamin kualitas *crude palm oil* terbaik sehingga industri kelapa sawit Indonesia memiliki daya saing yang lebih baik dibandingkan dengan negara – negara penghasil *crude palm oil* lainnya [3].

Berkaitan dengan proyeksi produksi dan kualitas *crude palm oil*, penerapan dan pengembangan teknologi pada industri kelapa sawit dinilai merupakan salah satu solusi, khususnya sistem otomasi pada *crude palm oil process*. Namun sistem otomasi pada *crude palm oil process* merupakan sistem baru yang banyak belum familiar bagi industri kelapa sawit di dalam negeri. Padahal penggunaan sistem otomasi dapat melakukan efisiensi baik dari segi sumber daya listrik, memudahkan proses pekerjaan, meningkatkan kualitas produk dan menambah keamanan pada proses produksi. Proses *crude palm oil* melewati beberapa proses yang cukup panjang. Proses ini meliputi *bunch reception*, perebusan (*sterilization*), penebahan (*threshing*), pelumatan (*digestion*), pemerasan (*pressing*), pemurdian (*oil clarification*), pengeringan (*oil drying*) dan penyimpanan.

Untuk menjalankan sistem secara otomatis pada proses *crude palm oil*, diperlukan *programmable logic control* (PLC). Sebagaimana namanya, PLC dapat kita program sesuai dengan yang kita inginkan, sehingga kita dapat merancang suatu kontroler yang tepat untuk menjalankan suatu proses. Terdapat beberapa bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk memprogram PLC, yakni *statement list*, diagram *ladder* dan *function block diagram*. Salah satu tipe pemrograman PLC adalah *ladder diagram*. Diantara ketiga bahasa pemrograman PLC

tersebut, diagram *ladder* merupakan bahasa yang paling umum digunakan oleh *programmer*.

Pemrograman pada PLC dapat dilakukan dengan berbagai macam cara, namun hal yang terpenting untuk membuat sebuah program pada PLC adalah seorang *programmer* perlu untuk terlebih dahulu memahami setiap tahap dari proses yang akan dilakukan. Dimulai dari syarat-syarat yang harus dipenuhi, lalu aksi yang harus dilakukan dan hasil yang diinginkan. Hal ini sangat penting bagi seorang *programmer* karena mereka mengontrol setiap *event* diskrit pada proses tersebut oleh karena itu seorang *programmer* jangan sampai melewatkan *satu event* dalam satu proses.

Dalam konstruksi diagram *ladder*, terdapat beberapa metode permodelan untuk membantu seorang *programmer* menuntaskan program otomasi pada satu proses. Diantaranya yang paling sering digunakan oleh para *programmer* adalah metode deterministik, yakni mengandalkan ingatan dan logika berpikir sebagai alat untuk membuat diagram *ladder*. Namun selain itu, terdapat metode-metode lain yang dapat digunakan untuk mengkonstruksi diagram *ladder*. Dalam tugas akhir ini metode yang dipilih untuk mengkonstruksi diagram *ladder* adalah metode *Petri net*.

1.2. Permasalahan

Banyaknya proses yang dilalui pada proses *crude palm oil* menimbulkan banyaknya langkah (*sequence*) yang harus dilalui. Oleh karena itu tidak cukup jika hanya menggunakan ingatan *programmer* saja karena dikhawatirkan terjadi kesalahan langkah. Untuk mempermudah dalam pembuatan program, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk merancang dan menganalisis sistem otomasi.

Pada tugas akhir ini, hal yang menjadi fokus permasalahan adalah tentang bagaimana pembuatan konstruksi *ladder* diagram dengan menggunakan metode pemodelan *Petri-net* pada *proses crude palm oil*.

1.3. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah membuat pemodelan dari *crude palm oil process* dengan metode *Petri net*, kemudian mengimplementasikan hasil dari pemodelan tersebut pada konstruksi diagram *ladder*. Diharapkan hasil konstruksi diagram *ladder* dapat mengoperasikan proses *crude palm oil* sesuai dengan fungsinya setelah diimplementasikan pada PLC.

1.4. Batasan Masalah

- Konstruksi diagram *ladder* untuk *crude palm oil process* dilakukan hanya untuk tahapan pemrosesan utama yakni pengolahan tandan buah segar menjadi *crude palm oil* tanpa tahapan pengolahan limbah dan pengolahan produk turunannya
- Proses konstruksi diagram *ladder* untuk *crude palm oil process* dilakukan pada PLC OMRON CQM1
- Proses konstruksi diagram *ladder* hanya menggunakan metode *Petri net* dan tidak dibandingkan dengan metode lainnya
- Metode *Petri net* yang digunakan merupakan *Petri net* diskrit dengan bantuan *software GreatSPN Editor*
- *Crude palm oil process* diasumsikan hanya 1 lori yang dapat diproses pada satu siklus

1.5. Metodologi

Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini antara lain meliputi:

- Studi Literatur
Studi literatur perlu dilakukan untuk menunjang penguasaan bahasan mengenai tugas akhir yang dikerjakan melalui medai cetak berupa buku sumber, paper ataupun jurnal. Hal yang dipelajari meliputi:
 - Konsep pemodelan dengan metode *Petri net*
 - Identifikasi *crude palm oil process*
 - Konsep pemrograman diagram *ladder*
- Perancangan Sistem
Setelah dilakukan identifikasi, dilakukan pemodelan sistem pada *crude palm oil process* menggunakan metode yang telah dipilih, yaitu metode *Petri net*. Setelah itu model *Petri net* dikonversi ke diagram *ladder*.
- Pengujian dan Analisis
Setelah hasil pemodelan didapatkan, kemudian dilakukan simulasi diagram *ladder* yang diprogram pada PLC untuk memeriksa kesesuaian dengan hasil yang diinginkan.
- Penyusunan Laporan Tugas Akhir
Penulisan dan penyusunan laporan tugas akhir, yang terdiri dari bab pendahuluan, dasar teori, perancangan sistem, simulasi dan analisa sistem, dan penutup.

1.6. Sistematika

Penulisan Tugas Akhir ini disusun berdasarkan lima bab yang tiap bagiannya membahas permasalahan yang berhubungan dengan Tugas Akhir.

Bab I : Pendahuluan

Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika laporan dan relevansi.

Bab II : Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas tinjauan pustaka yang membantu penelitian, diantaranya adalah teori pemodelan *Petri net*, teori *crude palm oil process*, teori otomasi sistem mengenai pemrograman diagram *ladder* pada PLC, teori HMI dan OPC.

Bab III : Perancangan Sistem

Bab ini membahas perancangan sistem yang membahas mengenai perancangan langkah *crude palm oil process*, pemodelan *crude palm oil process* dengan metode *Petri net*, perancangan diagram *ladder* yang akan membantu memahami setiap tahapan aksi atau *event* pada *crude palm oil process*.

Bab IV : Pengujian dan Analisa

Bab ini meliputi pengujian hasil konstruksi diagram *ladder* yang didapat dari pemodelan beserta analisa.

Bab V : Penutup

Bab ini merupakan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang dilakukan.

1.7. Relevansi atau Manfaat

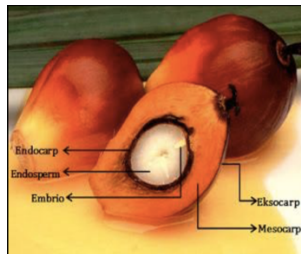
Industri kelapa sawit di Indonesia tengah mengalami kemajuan yang pesat dan memasuki fase otomasi industri. Penelitian konstruksi diagram *ladder* dengan melakukan pemodelan sistem berdasarkan metode *Petri net* dapat digunakan sebagai referensi untuk mengimplementasikan dan melakukan pengembangan pada *crude palm oil process*.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Crude Palm Oil Process*

Crude palm oil process merupakan proses ekstraksi minyak yang dihasilkan dari buah kelapa sawit. Sebagaimana pada Gambar 2.1, buah sawit terdiri dari tiga lapisan yakni *eksocarp* atau bagian kulit buah yang berwarna kemerahan dan licin, *mesocarp* yaitu serabut buah atau juga disebut sebagai daging buah dan lapisan terkahir adalah *endocarp* atau cangkang pelindung inti.



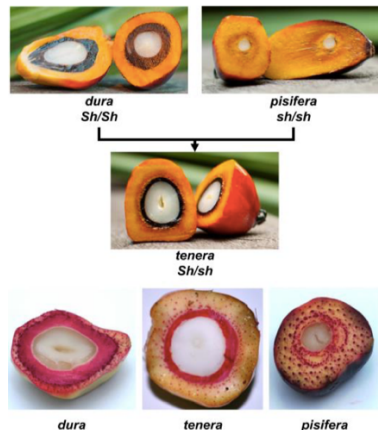
Gambar 2.1. Bagian Buah Sawit [4]

Buah kelapa sawit dapat menghasilkan minyak dari pemrosesan bagian daging buah (*mesocarp*) maupun inti/kernel. Pemrosesan *mesocarp* bagian kelapa sawit akan menghasilkan *crude palm oil*. Proses pengolahan tersebut terdiri dari beberapa tahapan yang secara umum melibatkan aktivitas panen tandan buah segar dari perkebunan, *bunch reception*, perebusan (*sterilization*) dan perontokan (*threshing*) buah sawit dari tandannya. Pelumatan (*digestion*) dan pengempaan (*pressing*) buah sawit untuk mendapatkan *crude palm oil*. *Crude palm oil* kemudian akan dimurnikan (*purifying*) dan dikeringkan (*drying*) untuk kemudian diekspor dan menjadi bahan baku industri minyak goreng, industri sabun, dan industri margarin dan lainnya [5].

2.1.1. Panen Buah Sawit

Tanaman kelapa sawit merupakan penghasil minyak nabati terbesar di dunia. Penampilan pohon kelapa sawit mirip dengan tanaman salak, namun dengan duri yang tidak terlalu keras dan tajam. Batang tanaman diselimuti pelepah hingga umur 12 tahun. Setelah berumur 12 tahun

pelelepah yang mengering akan terlepas dengan sendirinya sehingga penampilannya mirip dengan kelapa, tinggi tanaman ini dapat mencapai 24 meter. Tanaman kelapa sawit (*Elaeis Guineensis Jacq*) terbagi dari tiga jenis yang dikelompokkan berdasarkan ketebalan cangkang buahnya yaitu *Dura*, *Psifera* dan *Tenera*. Ketiga jenis ini dapat dibedakan berdasarkan penampang irisan buah sebagaimana terlihat pada Gambar. *Dura* memiliki cangkang yang tebal yaitu sebesar 20 – 50%, *mesocarp* sebanyak 35 – 65% dan inti/*kernel* sebanyak 4 – 20%. Jenis *Psifera* memiliki cangkang sangat kecil atau bahkan tidak ada, *mesocarp* yang sangat tebal sebesar 92 – 97% dan inti/*kernel* sebesar 3 – 20%, sedangkan *Tenera* merupakan persilangan antara *Dura* dengan *Psifera* menghasilkan cangkang berukuran 1 – 2.5 mm, daging buah sebanyak 60 – 96% dan inti/*kernel* sebesar 3 – 15%.



Gambar 2.2. Jenis Buah Kelapa Sawit [6]

Pohon kelapa sawit baru dapat berproduksi setelah berumur 30 bulan setelah ditanam. Untuk memperoleh *crude palm oil* dengan kualitas yang baik maka pemanenan dilakukan berdasarkan kriteria panen yaitu dapat dilihat dari setidaknya terdapat 5 hingga 10 buah yang telah jatuh ke tanah dari tandannya. Buah yang dihasilkan disebut dengan tandan buah segar atau *fresh fruit bunches*. Ketika buah telah matang, tandan buah segar akan dipanen dengan menggunakan pisau pengait yang terikat pada tongkat panjang. Aktivitas panen buah sawit harus dilakukan dengan baik sesuai dengan prosedur yang ditentukan agar pohon yang telah dipanen

tidak terganggu produktifitasnya. Proses pemanenan meliputi pemotongan pelepah daun yang menyangga agar memudahkan dalam proses penurunan tandan buah. Kemudian pelepah tersebut dikumpulkan, disusun rapi dan dipotong menjadi dua bagian agar pelepah dapat meningkatkan unsur hara yang dibutuhkan tanaman sehingga dapat meningkatkan produksi buah. Setelah itu lakukan pemotongan tandan buah pada bagian pangkalnya untuk mengurangi beban timbangan. Tandan-tandan buah ini (setiap tandan memiliki berat sekitar 25 kg) kemudian dikumpulkan, diletakkan dalam kontainer kemudian dibawa oleh truk ke pabrik [7].

2.1.2. *Bunch Reception*

Bunch Reception merupakan stasiun penerimaan hasil panen tandan buah segar yang dibawa dari perkebunan oleh truk pengangkut. Stasiun penerimaan ini terdiri dari tiga proses yakni proses penimbangan, proses penyortiran (*grading*), dan proses penampungan.

2.1.2.1. Jembatan Timbang

Setelah tandan buah segar dibawa oleh truk menuju pabrik kelapa sawit, maka truk harus melewati jembatan timbang terlebih dahulu untuk dilakukan penimbangan sehingga berat tandan buah segar yang dibawa dapat dikalkulasi. Berat tandan buah segar yang dibawa oleh truk dapat diketahui dengan cara menselisihkan antara berat truk bermuatan tandan buah segar dengan berat truck dalam keadaan kosong.

2.1.2.2. *Grading*

Proses *grading* (Gambar 2.6) merupakan proses pemilihan buah sawit yang layak untuk diproduksi tingkat kematangannya agar produksi pabrik kelapa sawit sesuai dengan yang ditargetkan. Tingkat kematangan buah dapat diklasifikasikan menurut Tabel 2.1 dan ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 2.3, Gambar 2.4, dan Gambar 2.5.

Tabel 2.1. Klasifikasi Kematangan Buah

NO	JUMLAH BRONDOLAN YANG JATUH	TINGKAT KEMATANGAN
1	Tandan buah segar yang membrodol kurang dari 1 brondol per kilogram janjang	Tandan buah segar mentah (<i>Unripe</i>)
2	Tandan buah segar yang warnanya kemerahan dan membrodol paling sedikit 1 brondolan per kilogram janjang, dan paling banyak 25%	Tandan buah segar matang (<i>Ripe</i>)

NO	JUMLAH BRONDOLAN YANG JATUH	TINGKAT KEMATANGAN
3	Tandan buah segar yang membrodol lebih dari 25% hingga maksimum 75%	Tandan buah segar terlalu matang (<i>Over ripe</i>)
4	Tandan buah segar yang membrodol lebih dari 75%	Janjang kosong
5	Tandan buah segar yang gagal berkembang menjadi tandan buah segar matang normal; tandan buah segar parthenokarphi, tandan buah segar batu dan tandan buah segar sakit	Tandan buah segar abnormal
6	Tandan buah segar yang memiliki panjang gagang lebih dari 2 cm dikur dari potongan yang terdekat dengan permukaan tandan buah segar	Tandan buah segar tangkai panjang
7	Terdapat lebih dari tiga brondol dalam satu janjang bekas keratan baru gigitan tikus	Tandan buah segar dimakan tikus



Gambar 2.3. (a) TBS Mentah, (b) TBS Matang, (c) TBS Terlalu Matang [4]



Gambar 2.4. (a) Janjang Kosong, (b) TBS Abnormal [4]



Gambar 2.5. (a) TBS Tangkai Panjang, (b) TBS Digigit Tikus [4]

Mengetahui kualitas buah sawit yang masuk diperlukan untuk perbandingan dengan kualitas *crude palm oil* yang dihasilkan. Selain itu, proses grading ini berfungsi sebagai informasi balik ke kebun kelapa sawit terkait kualitas buah sawit yang dihasilkan. Tata cara *grading* ditentukan oleh kesepakatan antara pihak pabrik dengan pihak kebun sehingga ditemukan cara-cara yang berbeda di masing-masing perusahaan. Salah satu cara *grading* adalah dengan menuangkan tandan buah segar dari truk ke area grading, lalu buah yang tidak layak untuk diolah akan dikelompokkan dan dikembalikan kembali ke dalam truk.



Gambar 2.6. Proses *Grading* [8]

2.1.2.3. Loading Ramp

Tandan buah segar yang telah dilakukan proses *grading* maka selanjutnya tandan buah segar akan ditumpahkan ke *loading ramp* atau dapat diartikan juga sebagai tempat penampungan sementara. Terdapat beberapa bagian atau komponen pada *loading ramp* yaitu

- *Apron/Loading Ramp*

Apron/ramp (Gambar 2.7) berfungsi untuk menampung buah sawit sebelum tumpah ke *scraper conveyor*. *Apron* dilengkapi dengan sensor beban (*loadsell*) untuk mendeteksi beban.



Gambar 2.7. *Loading Ramp* [9]

- Pintu *Loading Ramp*

Pintu *loading ramp* (Gambar 2.8) berfungsi untuk mengatur pengeluaran tandan buah segar dari *ramp*. Pintu ini bergerak dengan secara hidrolik. Selain itu, terdapat dua buah *limit switch* untuk mendeteksi pergerakan pintu terbuka secara maksimal tertutup secara rapat.



Gambar 2.8. Pintu *Loading Ramp* [10]

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan pada *loading ramp*, yaitu lama waktu buah di *ramp*, volume buah di *ramp*, rata-rata isi *lori*, waktu pengutipan brondolan. Penimbunan buah sawit yang terlalu lama di *ramp* akan menyebabkan buah sawit menjadi mudah terluka. Pada buah yang terluka, kenaikan asam lemak bebas akan semakin cepat sehingga akan mempengaruhi kualitas minyak sawit yang dihasilkan. Kemudian penumpukan tandan buah segar yang melebihi kapasitas maksimum *loading ramp* akan menyebabkan semakin bertambahnya beban *hydraulic pump gate* saat membuka dan menutup gerbang *loading ramp*. Selain itu, *lori* harus diisi sesuai dengan kapasitas *lori* agar kapasitas pabrik dapat tercapai, oleh karena itu pengisian *lori* sebaiknya diatur atau disusun. Dan hal yang terakhir, waktu pengutipan brondolan perlu diatur sedemikian rupa jangan sampai *lori* terisi secara berlebih, hal tersebut dapat mengakibatkan tandan buah segar terjatuh dari *lori* pada saat *lori* dipindahkan, jika tandan buah segar berjatuhan dari *lori* maka harus segera dikutip agar tandan buah segar tidak terluka.

2.1.2.4. *Scraper Conveyor*

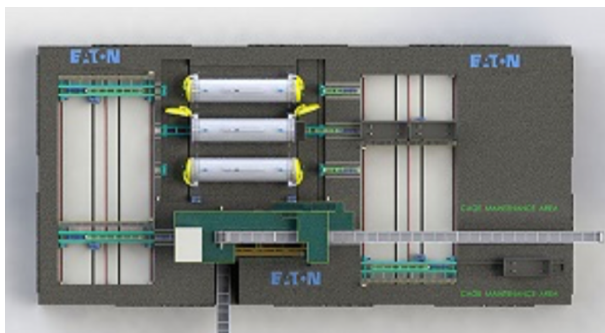
Scraper conveyor merupakan perangkat untuk membawa tandan buah segar yang dilengkapi dengan sensor beban (*loadsell*). Setelah tandan buah segar yang ditumpahkan oleh pintu *loading ramp* akan dibawa oleh *scraper conveyor* untuk ditumpahkan kedalam *lori*. Selain

sebagai perangkat untuk membawa tandan buah segar, *scrapper conveyor* ini berfungsi untuk menyusun tandan buah segar yang tumpah pada *lori* sehingga tandan buah segar dapat mengisi *lori* secara optimal.

2.1.3. TBS Handling dan Transfer [11]

TBS *handling* merupakan skema perlakuan tandan buah segar saat tandan telah melewati *scrapper conveyor* hingga proses perebusan (sterilisasi) dan dari tandan buah segar telah direbus (*sterilized*) hingga *tipppler*. TBS *handling* dan *transfer* meliputi sistem *indexer* (Gambar 2.9), *transfer carriage*, *connecting rail bridge*.

Sebelum tandan buah segar yang tumpah dari *scrapper conveyor*, *lori feeder* akan bekerja lebih dahulu untuk menyediakan *lori* ke *line 1* yang akan menampung tumpahan tandan buah segar. *Lori feeder* termasuk ke dalam sistem *indexer*. Pada proses ini, terdapat *lori detector* yang berfungsi untuk memberikan sinyal bahwa terdapat *lori* pada *line 1* dan sensor beban (*loadsell*) untuk mengukur beban tandan buah segar di dalam *lori*. Prinsip kerja *lori feeder* adalah mendorong *lori* pada *drawer* dengan menggunakan piston hidrolik yang berada pada rel sehingga *lori* bergerak dengan meluncur sepanjang jalur yang dikehendaki.



Gambar 2.9. Sistem *Indexer* [12]

Setelah *lori* terisi penuh oleh tandan buah segar, maka piston hidrolik pada *line 1* akan mendorong *lori* untuk meluncur ke *transfer carriage* dengan syarat *pin locking* yang menandakan keterhubungan antara *rail line 1* dan *rail* pada *transfer carriage* aktif. *Transfer carriage* 1 merupakan transportasi untuk memindahkan *lori* dari *line 1* ke *line 2* dimana proses sterilisasi akan dilakukan. Ukuran kapasitas *transfer*

carriage bervariasi dari 3.5 ton; 5 ton hingga 7.5 ton yang biasanya membawa dua hingga tiga *lori* yang saling terhubung. Untuk ukuran *lori* 10 ton; 15 ton hingga 17.5 ton dapat membawa satu *lori* atau dua *lori* bergantung pada desain dan perhitungan yang sesuai. Terdapat beberapa tipe dari desain *transfer carriage* berdasarkan cara mengeluarkan *lori* (*lori push out*) yakni:

- *Tilting transfer carriage* (menggunakan dua buah silinder untuk mendongkrak platform)
- *Undertow transfer carriage* (menggunakan motor hidrolik untuk mendorong *lori* keluar)
- *Indexer transfer carriage* (menggunakan silinder untuk mendorong *lori* keluar) sebagaimana pada Gambar 2.10.
- *Empty transfer carriage* (tanpa dilengkapi perangkat untuk mendorong *lori* keluar, sehingga pada pengaplikasiannya perlu dilengkapi dengan *indexer mounted* yang terpasang terpisah dan diluar *transfer carriage*)



Gambar 2.10. *Indexer Transfer Carriage* [11]

Pada tugas akhir ini, tipe *transfer carriage* yang digunakan adalah *indexer transfer carriage*. Pada *transfer carriage* pun terdapat *lori detector* yang berfungsi sebagai indikator bahwa *lori* sedang diangkut oleh *transfer carriage*, kemudian setelah *transfer carriage* tiba pada *line 2* piston hidrolik pada *transfer carriage* akan mendorong *lori* berpindah ke *line 2* dengan syarat *pin locking* yang menandakan keterhubungan antara rel *line 2* dan rel pada *transfer carriage* aktif. Jika *lori* telah berada pada *line 2* maka *lori detector* dan *connecting rail bride* akan aktif. *Connecting rail bride* (Gambar 2.11) merupakan rel penghubung antara rel *line 2* dan rel di dalam *sterilizer cage*. *Connecting rail bride* diperlukan pada TBS *handling* dan transfer agar pintu pada *sterilizer cage* dapat

membuka dan menutup secara otomatis. Untuk menggerakkan *connecting rail bride* secara otomatis, diperlukan dua buah *limit switch* sebagai penanda posisi *connecting rail bride* yang berada pada posisi maksimum atau minimum.



Gambar 2.11. *Connecting Rail Bride* [11]

Begitupun pula *step* pada saat *lori* telah melalui proses perebusan (sterilisasi), *lori* akan didorong dengan piston hidrolis *line 2* untuk meluncur ke atas *rel* pada *transfer carriage* yang akan mentransfer *lori* dari *line 2* ke *line 3*. *Transfer carriage* kemudian bergerak ke *line 3* hingga akhirnya *lori* berhasil meluncur ke *line 3* dengan syarat *pin locking* yang menandakan keterhubungan antara *rel line 3* dan *rel* pada *transfer carriage* aktif.

2.1.4. Sterilizer [13]

Sterilizer (Gambar 2.12) merupakan ketel uap berbentuk silinder horizontal yang berfungsi untuk merebus tandan buah segar. Bagian luar *sterilizer* dilapisi dengan *rockwool* dan aluminium sebagai penahan panas. Berikut beberapa bagian pada *sterilizer*. Terdapat beberapa tujuan dari perebusan ini, yaitu:

- Menghentikan enzim lipase pada tandan buah segar
Buah yang dipanen mengandung enzim lipase dan oksidase yang bekerja di dalam buah sebelum enzim tersebut dihentikan. Enzim lipase merupakan katalisator dalam pembentukan asam lemak bebas dan enzim oksidasi berperan dalam pembentukan peroksida yang apabila teroksidasi akan menghasilkan asam lemak bebas. Sehingga jika kedua enzim tersebut tidak dihentikan dapat mempengaruhi mutu dari *crude palm oil* yang dihasilkan. Enzim umumnya tidak aktif lagi jika dipanaskan hingga suhu lebih dari 50°C.



(a)



(b)



(c)



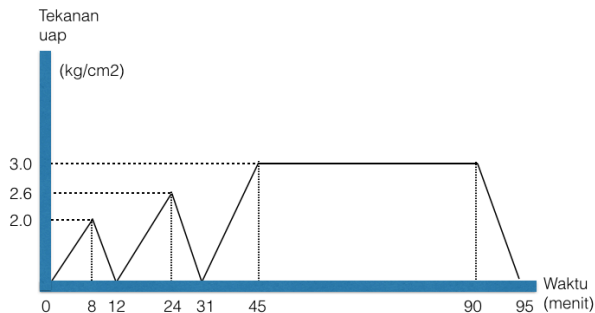
(d)

Gambar 2.12. (a) dan (b) *Sterilizer*, (c) dan (d) *Pintu Sterilizer* [11]

- Melunakkan daging buah (*mesocarp*).
Kulit buah (*perikarp*) yang mendapatkan perlakuan panas dan tekanan akan menunjukkan sifatnya, dimana serat yang mudah lepas antara serat yang satu dengan yang lain. Hal ini akan mempermudah proses pelumatan didalam *digester*.
- Melekgangkan inti (*kernel*) dan cangkang (*shell*)
Perebusan yang sempurna akan menurunkan kadar air pada biji hingga 15%, sehingga inti menyusut sedangkan tempurung biji tetap (tidak menyusut). Dengan perubahan kondisi tersebut inti akan lekang dari cangkangnya. Hal ini akan membantu pemrosesan *kernel* khususnya pada proses fermentasi di dalam *Nut Silo*.
- Mengurangi kadar air dalam buah.
Proses sterilisasi buah dapat menurunkan kadar air daging buah (*mesocarp*) dan inti, yaitu dengan cara penguapan baik saat di dalam *sterilizer* maupun saat dalam perjalanan sebelum dimasukkan ke penebah (*thressing*).
- Mempermudah buah lepas dari tandannya.

Minyak dan inti sawit terdapat dalam buah, dan untuk mempermudah proses ekstraksi minyak, buah perlu dipisahkan dari tandannya. Pelepasan buah dari tandannya disebabkan karena adanya senyawa hidrolisa pektin yang terjadi dipangkal buah. Hidrolisa pektin dapat terjadi didalam *sterilizer*, dengan adanya reaksi yang dipercepat oleh pemanasan. Panas dan uap didalam *sterilizer* akan meresap ke dalam buah karena adanya tekanan. Hidrolisa pektin dalam tangkai tidak seluruhnya menyebabkan pelepasan buah, oleh karena itu perlu dilakukan proses perontokan buah didalam mesin penebah (*threshing*).

Proses perebusan yang digunakan pada tugas akhir ini adalah perebusan sistem tiga puncak seperti diagram pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Proses Perebusan Tiga Puncak

Puncak pertama, yaitu dengan 2 bar untuk proses penetrasi dimana *uap panas* yang masuk ke *sterilizer* bersifat panas sedangkan tandan buah segar yang masuk bersifat dingin sehingga *uap panas* yang masuk akan menjadi air akibat tandan buah segar yang dingin. Puncak kedua, dengan tekanan 2,6 bar untuk menaikkan suhu tandan buah segar agar tandan buah segar dapat dimasak. Puncak ketiga, yaitu dengan tekanan 3,0 bar untuk melanjutkan proses pemasakan tandan buah segar. Cara kerja *sterilizer* adalah sebagai berikut:

- *Lori* yang telah berisi tandan buah segar dimasukkan kedalam *sterilizer* sebanyak kemudian pintu *sterilizer* ditutup rapat.
- Pembuangan udara (*daeration*) selama 5 menit, katup kondensat dibuka dan katup *exhaust* uap panas ditutup dan katup *inlet* uap panas dibuka, tujuannya adalah untuk membuang udara di dalam *sterilizer*,

karena udara dapat menyebabkan tandan buah segar bagian bawah tidak masak.

- Pengisian uap panas (puncak ke-1), katup *exhaust* uap panas dan katup kondensat ditutup, katup *inlet* uap panas dibuka selama ± 8 menit (sampai tekanan 2 kg/cm²). Kemudian katup kondensat dibuka (4 menit) dan katup uap panas ditutup sampai tekanan di dalam *sterilizer* 0 kg/cm².
- Pengisian kedua (puncak ke-2), katup *inlet* uap panas dibuka, katup kondensat dan katup *exhaust* uap panas ditutup selama ± 12 menit (sampai tekanan 2,6 kg/cm²). Kemudian kran uap panas kondensat dibuka, katup *inlet* uap panas ditutup sampai tekanan di dalam sterilizer 0 psi kurang lebih berlangsung selama 7 menit.
- Pengisian ketiga (puncak ke-3), katup *inlet* uap panas dibuka, katup kondensat dan buang di tutup selama 14 menit (sampai tekanan 3 kg/cm²). Lakukan penahanan (*holding*) selama 45 menit. Kemudian kran masuk ditutup katup kondensat dan buang dibuka selama 5 menit sampai tekanan di dalam sterilizer 0 kg/cm².

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan saat perebusan tandan buah segar, yang pertama adalah tambahkan waktu perebusan jika tandan buah segar masih banyak yang belum masak untuk menghindari *losses* brondolan tinggi tinggi janjangan yang kosong. Yang kedua, Waktu perebusan memakan waktu kurang lebih selama 90-95 menit, *uap panas* yang masuk dan yang dibuang harus sesuai aturan karena berpengaruh terhadap tingkat kematangan tandan buah segar yang akan diolah pada proses selanjutnya. Yang ketiga, kondisi pintu *sterilizer* harus dalam keadaan tertutup saat dilakukan proses perebusan karena jika terjadi kebocoran akan mengakibatkan tekanan dalam *sterilizer cage* akan berkurang. Yang keempat, periksa selalu kondisi katup pengaman, pastikan berfungsi dengan baik.

2.1.5. Penebahan atau Pemipilan

Pada proses penebahan atau pemipilan ini buah yang telah direbus diangkut dengan dengan dua cara yaitu pertama, dengan menggunakan *hoisting crane* dan dituang ke dalam alat penebah (*thesher*) melalui *hopper* yang berfungsi untuk menampung buah rebus. Cara yang kedua adalah dengan menggunakan sistem *auto feeder* yakni dengan menggunakan *tipper* dan *fruit distributing conveyor*. Pada tugas akhir ini buah sawit yang telah direbus dibawa dengan cara yang kedua yaitu dengan menggunakan sistem *auto feeder*. Proses penebahan atau

pemipilan bertujuan untuk merontokkan tandan buah segar yang telah direbus dari janjangnya.

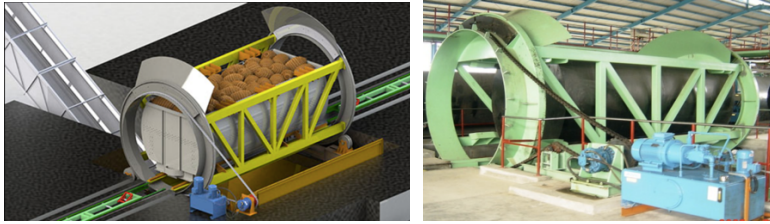
2.1.5.1. Sistem Auto Feeder [11]

Sistem *auto feeder* pada sistem ini terdiri dari *tipper* dan *bunch conveyor*. Secara umum sistem auto feeder ini berfungsi untuk mengatur suplai buah sawit drum putar (*thresher*) agar proses berlangsung secara efisien dan kapasitas pabrik dapat terpenuhi. Sedangkan *tipper* merupakan perangkat pemutar *lori* agar tumpah ke *bunch conveyor*. *Tipper* (Gambar 2.14) biasanya digunakan pada pabrik kelapa sawit yang menggunakan *sterilizer* tipe horizontal. Beberapa ukuran *tipper* yang umum digunakan yaitu 2100mm, 2700mm, 2800mm hingga maksimum 3200mm. *Tipper* tersebut dapat digunakan untuk *single cage tipping* berkapasitas 5 ton; 7.5 ton; 10 ton; 15 hingga 17.5 ton dengan menggunakan *undertow link-chain*, *indexer system* atau *double cage tipping* berkapasitas 2x10 ton; 2x15 ton menggunakan CMC System.

Beberapa keuntungan menggunakan penggerak hidrolis *tipper* adalah sebagai berikut:

- Memiliki performa tinggi dengan piston radial torsi tinggi berkecepatan rendah yang didesain khusus untuk industri kelapa sawit
- Didesain dengan control dua kecepatan sehingga penumpahan (*tipping*) dapat dilakukan kecepatan tinggi dan rendah kemudian berputar kembali ke *rail track* dengan kecepatan rendah
- Dilengkapi dengan *safety relis* dan *counterbalance valve* pada penggerak hidrolis untuk mencegah terjadinya kerusakan pada *drum tipper* dan lebih akurat
- Rekomendasi rasio minimum dari *tipper drum* untuk *sprocket* penggerak adalah 8x
- Ukuran *hydraulic pump unit* untuk gaya tarik lurus dengan factor keamanan ekstra 1.5x

Sistem hidrolis pada aplikasi ini memerlukan *hydraulic pump unit* (HPU) untuk menggerakkan *cage tipper* dengan mengontrol kecepatan aktuator. Pergerakannya dapat bergerak *forward* dan *reverse*. Rentang kecepatan saat memutar balik kembali ke *rail track* dari kecepatan tinggi ke kecepatan rendah berkisar dari 1.5 hingga 0.05 rpm, dan juga sebaliknya. Sistem tersebut dapat dirubah sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2.14. *Tipper* [11]

2.1.5.2. *Thresher*

Proses penebahan atau pemipilan dilakukan dengan membanting buah di dalam drum putar (*thresher*) dengan kecepatan tertentu sehingga buah akan terlepas dari janjangnya. Tandan buah segar akan jatuh ke *under thresher conveyor* melalui kisi – kisi *thresher* untuk kemudian dibawa oleh *elevator*, sedangkan tandan kosong akan terlempar keluar *thresher* dan jatuh ke *empty bunch conveyor* untuk kemudian diproses kembali menjadi bahan bakar *boiler* atau dikembalikan ke perkebunan sebagai pupuk. *Thresher* dapat dilihat pada Gambar 2.15.



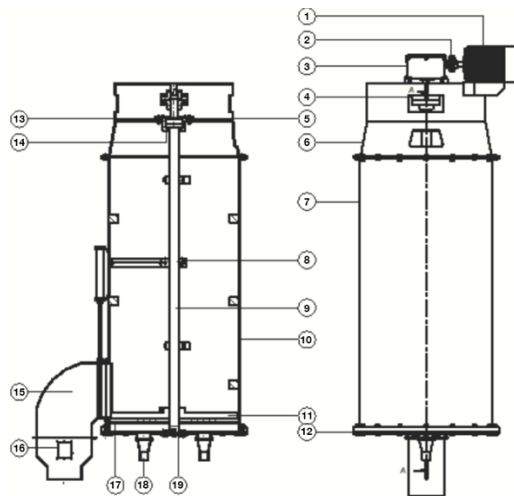
Gambar 2.15. *Thresher* [14], [11]

Drum putar (*thresher*) ini berbentuk horizontal, kapasitasnya pun bervariasi disesuaikan dengan kapasitas produksi pabrik. Proses penebahan di *thresher* ini pada umumnya dilakukan bertahap sehingga dilakukan berkali – kali bantingan karena buah biasanya tandan buah segar tidak rontok hanya dengan sekali bantingan, namun pada tugas akhir ini dipilih proses penebahan satu kali yaitu dengan *single drum thresher*. Pada PT Perkebunan Nusantara II, *thresher* yang digunakan memiliki kapasitas 30 ton/jam dengan tinggi 2 meter, panjang 3 – 5 meter dan dindingnya berupa kisi – kisi dengan jarak 50 mm. Putaran *thresher* diatur

kurang lebih 23 rpm, dan dapat dipercepat, semakin besar tandan maka semakin cepat putaran. Pada pengoperasiannya, setiap pagi sebelum mulai mengolah kisi – kisi drum dibersihkan agar tandan buah segar cepat jatuh ke *under thresher conveyor* [15].

2.1.6. Pelumatan [16]

Setelah melalui proses penebahan, maka buah akan dibawa oleh *elevator* dan *fruit distributing conveyor* sebelum dilakukan proses pelumatan (*digesting*). Penggunaan *elevator* diperlukan karena terdapat perbedaan ketinggian antara *thresher* dengan *digester*. Sedangkan *fruit distributing conveyor* untuk mengatur masukan buah sawit agar proses pelumatan dapat berlangsung secara sempurna. Proses pelumatan (*digesting*) merupakan salah satu proses yang perlu diperhatikan dalam mengolah kelapa sawit. Proses pelumatan yang berlangsung kurang lebih selama 20 menit ini bertujuan untuk memisahkan daging buah (*mesocarp*) dari biji dan juga memisahkan dari sel-sel yang mengandung minyak.



Gambar 2.16. *Digester Tank* [16]

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses pelumatan yaitu pelumatan buah harus berjalan dengan baik atau daging buah terlepas dari bijinya secara sempurna. Jika pelumatan dilakukan kurang sempurna maka dapat mempengaruhi proses pengepresan, sebab

jika pelumatan kurang halus maka proses pengempaan membutuhkan tekanan yang cukup besar untuk mengekstraksi daging buah sehingga kemungkinan biji akan pecah. Sebaliknya jika pelumatan buah dilakukan terlalu halus seperti bubur maka proses pelumatan akan sulit, serat-serat buah harus masih terlihat dengan jelas.

Penggunaan *digester* juga perlu disesuaikan dengan kapasitas *screw press* agar tidak terjadi perubahan masa pengadukan yang dapat menurunkan efisiensi ekstraksi atau tingkat kehilangan minyak ampas. Proses pelumatan dapat diperpanjang dengan cara menambah volume isi *digester* hingga penuh karena apabila tidak terisi penuh buah tidak terajang dengan sempurna sehingga kehilangan minyak dalam ampas akan tinggi.

2.1.6.1. Komponen Utama *Digester*

Sebagaimana pada Gambar 2.16 dan Tabel 2.2, Motor listrik merupakan salah satu komponen utama pada *digester* untuk melakukan pengadukan. Motor listrik yang dipilih sebagai suatu sistem penggerak merupakan motor AC 3 fasa, IP 55 *splash proof*, *class insulation B* dengan jumlah putaran yang sesuai untuk *digester*. Selain itu terdapat poros sebagai elemen transmisi. Poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dalam permesinan, hampir setiap mesin perlu meneruskan tenaga bersama dengan putaran. *Bearing* yang berfungsi untuk memperkecil gesekan yang disebabkan oleh gerakan putaran. Kemudian kopling yang memiliki fungsi untuk menyambungkan dua buah poros atau sambungan poros dengan elemen mesin.

Tabel 2.2. Komponen *Digester Tank*

NO	BAGIAN	NO	BAGIAN
1	Motor Listrik	11	<i>Expeller Arm</i>
2	Kopling 1	12	<i>Bottom Plate</i>
3	<i>Grear Reducer</i>	13	<i>Ball Bearing</i>
4	Kopling 2	14	<i>Tapper Roller Bearing</i>
5	<i>Bearing House</i>	15	<i>Chute Atas</i>
6	Tutup <i>Digester</i>	16	<i>Chute Bawah</i>
7	<i>Outer Plate</i>	17	<i>Perforated Bottom Plate</i>
8	<i>Stirring Plate</i>	18	<i>Palm Oil Outlet Pipe</i>
9	<i>Stirring Arm</i>	19	<i>Support Shaft</i>
10	Poros <i>Digester</i>		

Bejana tekan digunakan untuk berbagai macam aplikasi diberbagai sektor industri. *Digester* sendiri pada umumnya adalah bejana bertekanan rendah yang dirancang untuk menampung buah kelapa sawit dengan diberikan pemanasan berupa uap panas pada temperature 95 – 100°C. *Digester* juga dilengkapi dengan pengaduk untuk mencerna buah kelapa sawit agar sabut dan kernelnya terpisah.

2.1.7. Pengempaan [17]

Brondolan yang telah mengalami pelumatan dan keluar melalui bagian bawah *digester* sudah hampir menyerupai bubur kemudian langsung masuk ke alat pengempa (*screw press*) yang berada persis di bagian bawah *digester*. Proses pengempaan ini bertujuan untuk memisahkan minyak kasar (*crude oil*) dari serat – serat daging buah yang disebabkan oleh putaran *screw* yang mendesak dan tertahan oleh *sliding cone* dari arah yang berlawanan. *Screw* dan *sliding cone* ini berada di dalam selubung baja (*press cage*) yang bagian dinding – dindingnya berlubang sehingga minyak yang dihasilkan dari bubur buah yang terdesak akan keluar melalui lubang – lubang pada *press cage* sedangkan ampas dikeluarkan melalui celah antara *sliding cone* dan *press cage*. Minyak yang keluar dari lubang – lubang tersebut akan mengalir keluar melalui selokan minyak (*oil gutter*).



Gambar 2.17. *Screw Press* [14]

Selama proses pengempaan berlangsung, air panas ditampahkan ke dalam *screw press* untuk mengencerkan buah yang dikempa agar tidak terlalu rapat. Resiko yang dapat terjadi apabila bubur buah terlalu rapat saat dilakukan pengempaan adalah besarnya peluang minyak yang terbuang, hal ini disebabkan oleh viskositas cairan yang tinggi. Jumlah penambahan air berkisar 10 – 15% dari berat tandan buah segar yang diolah dengan temperatur air berkisar 90°C. Proses ini akan menghasilkan

50% minyak, 42% air, dan 8% zat padat. Alat pengempaan yang umum digunakan pada pabrik kelapa sawit perkebunan besar adalah *screw press* dengan kapasitas 15 – 17 ton tandan buah segar per jam per unit dengan putaran *screw* 11 – 12 rpm. Lubang – lubang dinding *press cage* dibatas maksimum 4 mm agar minyak yang dihasilkan tidak banyak mengandung kotoran. Sedangkan celah antara *sliding cone* dibatasi maksimum 6 mm untuk menekan kehilangan minyak yang terbawa oleh ampas serendah mungkin.

Keuntungan yang didapatkan dari proses pengempaan dengan menggunakan *screw press* (Gambar 2.17) jika dibandingkan dengan *hidrolik press* adalah kapasitas olah yang lebih tinggi, dapat menghemat tempat, memiliki kapasitas yang tinggi sehingga biaya operasi per ton tandan buah segar yang rendah, pengoperasian yang lebih sederhana bagi operator, kebutuhan tenaga yang lebih rendah untuk mengempa buah. Disamping itu, terdapat beberapa kelemahan pada proses pengempaan dengan menggunakan *screw press* yakni, membutuhkan biaya perawatan yang relatif lebih tinggi, mengakibatkan lebih banyak biji yang pecah terutama biji yang memiliki cangkang tipis, minyak yang keluar dari *screw press* mengandung lebih banyak padatan seperti serat, pasir dan lumpur sehingga minyak yang keluar ke *oil gutter* lebih pekat dan memerlukan air pengencer yang lebih banyak, kekurangan yang terakhir adalah air buangan yang keluar melalui fat pit mengandung minyak yang lebih tinggi.

2.1.8. Klarifikasi atau Pemurnian Minyak

Stasiun klarifikasi adalah tempat proses pemurnian minyak kasar (*crude oil*) berlangsung hingga minyak dapat dipasarkan, baik pemurnian dari kotoran – kotoran maupun pemurnian kadar air yang terdapat pada minyak. Proses pemurnian ini sangat diperlukan karena minyak yang dikeluarkan oleh *screw press* masih kasar dan banyak mengandung serabut, pasir, dan lumpur sehingga diperlukan proses pemurnian beberapa langkah untuk mendapatkan minyak yang dapat dipasarkan.

2.1.8.1. Sand Trap Tank

Minyak yang dihasilkan oleh *screw press* akan dialirkan ke *sand trap tank* (Gambar 2.18). *Sand trap tank* memiliki fungsi untuk menampung sementara minyak yang dikeluarkan *screw press* dan mengendapkan pasir yang bercampur dengan minyak. Proses pemisahan ini berlangsung dengan memanfaatkan gaya gravitasi, pasir dan pengotor

lain yang memiliki berat jenis lebih berat dari minyak akan turun dan mengendap di bagian *sand trap tank*. Sedangkan minyak yang berat jenisnya lebih ringan akan naik ke permukaan, dengan memanfaatkan sistem *overflow* minyak ini kemudian akan mengalir ke satu pipa yang berukuran kurang lebih 3 inci untuk diteruskan ke *vibrating screen*.



Gambar 2.18. *Sand Trap Tank* [14]

Selama proses pengendapan terjadi pula proses pemanasan oleh heater dengan tujuan agar butiran minyak yang tercampur dapat terpisah lebih mudah dengan pengotornya sehingga dapat mengurangi besaran minyak yang terbuang pada endapan pasir. Sistem pemanasan yang digunakan pada *sand trap tank* adalah menggunakan sistem *coil* dengan temperature 85 – 95°C. Pada pengoperasiannya, *sand trap tank* perlu dilakukan pencucian setiap minggu dengan membuka katup pembuang pasir sehingga endapan pengotor dapat dibuang.



Gambar 2.19. *Oil Vibrating Screen* [14]

2.1.8.2. Oil Vibrating Screen

Oil vibrating screen (Gambar 2.19) berfungsi untuk menyaring *crude oil* dari serabut – serabut yang dapat mengganggu proses pemurnian minyak. Prinsip kerja dari *oil vibrating screen* adalah dengan memanfaatkan sistem getaran pada yang dihasilkan oleh bantul yang terikat pada elektromotor. Besar kecilnya getaran perlu diperhatikan agar pemisahan serabut – serabut dapat berlangsung dengan baik. Terdapat tiga buah saringan bertingkat pada *oil vibrating screen*. Dengan adanya getaran maka minyak yang berada pada saringan pertama akan turun ke bawah hingga ke saringan ke-tiga dan dialirkan ke *crude oil tank*, sedangkan kotoran yang masih tercampur meskipun telah melalui *sand trap tank* (fiber, pasir dan kotoran halus) akan terdorong keluar dan jatuh ke *bottom cross conveyor*.

2.1.8.3. Crude Oil Tank

Minyak yang telah melalui proses penyaringan di *vibrating screen* kemudian akan ditampung di *crude oil tank* sebagai penampungan sementara sebelum dilanjutkan ke *desanding cyclone* untuk pemurnian dua kali. Di dalam *crude oil tank* terjadi pemisahan antara minyak dengan *sludge* dan kotoran dibagian dasar *tank*. Di dalam terdapat dua sekat sehingga *crude oil tank* terbagi menjadi tiga ruangan. Dapat dilihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20. *Crude Palm Oil Tank* [14]

Minyak akan masuk ke ruang pertama, kotoran yang masih tercampur dari *vibrating screen* akan mengendap disini. Setelah itu minyak akan masuk ke ruang kedua secara *over flow*, pada bagian ini terjadi juga pengendapan kotoran yang masih tercampur. Lalu yang

terakhir minyak akan masuk ke ruang ketiga dan minyak akan dipompa oleh *desanding cyclone pump* menuju *desanding cyclone*. *Crude palm oil Tank* ini juga dilengkapi dengan injeksi uap panas sebagai pemanas yang mempunyai suhu operasi berkisar 85 – 95°C. Dapat dilihat pada Gambar 20.

2.1.8.4. *Desanding Cyclone*

Desanding cyclone (Gambar 2.21) berfungsi untuk memisahkan partikel padat seperti pasir dan pengotor berat lainnya yang tercampur pada minyak. Proses ini biasanya ditempatkan sebelum proses pemisahan pada mesin sentrifugal (*decanter centrifugal*). Selain itu, penggunaan *desanding cyclone* juga dapat memperpanjang umur perangkat atau fasilitas yang digunakan pada pemrosesan minyak. Pada penggunaannya, terdapat *decanter centrifugal* satu tahap dan *decanter centrifugal* dua tahap yang pemilihannya disesuaikan dengan kondisi di lapangan.



Gambar 2.21. *Desanding Cyclone* [18]

Keuntungan menggunakan *decanter centrifugal* adalah mencegah korosi pada peralatan, efisien dan bekerja secara kontinyu, tidak terdapat komponen yang berotasi, mudah untuk dipasang (*compact*) dan *low maintenance*. Setelah minyak memalui proses pemisahan di *decanter cyclone* minyak akan ditampung pada *oil collection tank*.

2.1.8.5. *Decanter Centrifugal*

Minyak yang sudah terkumpul di *collection tank* akan dipompakan oleh *decanter feed tank* menuju *decanter centrifugal* (Gambar 2.22). *Decanter centrifugal* merupakan mesin untuk memecah minyak sehingga minyak akan terpecah menjadi tiga fasa yaitu minyak (*light phase*),

emulsi (*heavy phase*), dan padatan. Minyak (*light phase*) merupakan minyak dengan kotoran di bawah 0.05%. Minyak (*light phase*) akan ditampung pada *oil purifier tank* sebelum akan di proses di *vacuum drier*. Emulsi (*heavy phase*) memiliki kandungan minyak di bawah 8%. Emulsi (*heavy phase*) akan ditampung di *heavy phase tank*. Sedangkan padatan akan ditampung pada *hopper* sebelum dikembalikan ke lapangan.



Gambar 2.22. *Decanter Centrifugal* [19]

2.1.8.6. Oil Purifier Tank

Oil purifier tank (Gambar 2.23) atau juga disebut *skimmer tank* merupakan penampungan minyak murni sementara setelah dipisahkan di *decanter centrifugal*. Disini juga terdapat masukan uap panas dengan sistem koil yang bertujuan untuk menjaga suhu agar tetap berada pada 80 – 90°C. Pengotor yang masih tercampur pada minyak akan mengendap di *oil purifier tank*. Di bagian bawah tangki terdapat sebuah saluran *drain* menuju *reclaimed tank* yang dipompa oleh *reclaimed oil pump*.

2.1.8.7. Vacuum Drier

Vacuum drier merupakan perangkat untuk memisahkan air dari minyak yang telah dilakukan proses pemurnian agar minyak yang dipasarkan memiliki kadar air yang rendah (di bawah 0.2%).

Vacuum drier dioperasikan baik saat suplai tandan buah segar banyak maupun sedikit. Minyak yang dipompakan akan langsung masuk ke dalam *vacuum drier*. *Vacuum drier* memiliki 3 nozel. Alur pengoperasiannya adalah minyak masuk ke dalam *vacuum drier*, lalu minyak akan disemprotkan menjadi butiran butiran halus. Sementara *vacuum pump* menghisap air dingin dari tangki air dingin, fungsi dari air dingin ini sebagai pengumpan agar air yang terdapat di dalam minyak

yang berupa uap air menuju keluar dengan umpan air dingin tersebut. Air akan keluar melalui sebuah pipa yang terletak di bagian atas *vacuum drier*, sedangkan minyak akan turun ke bawah dan keluar melalui pipa. Kemudian minyak akan dipompakan oleh *dried oil pump* menuju *oil storage tank*.



Gambar 2.23. *Oil Purifier Tank* [14]

2.1.9. Oil Storage Tank

Storage tank merupakan tangki untuk menyimpan minyak hasil produksi sebelum dikirim. Perawatan yang dilakukan pada *storage tank* adalah pembersihan yang dilakukan secara terjadwal dan pemeriksaan kondisi uap panas secara rutin karena jika terjadi kebocoran pada pipa uap panas akan mengakibatkan naiknya kadar air pada *crude palm oil*. *Oil storage tank* dilengkapi dengan pipa uap panas (*coil*) sebagai pemanas untuk menjaga kualitas minyak. Suhu pada *oil storage tank* adalah berkisar 35 – 60°C. Kadar air yang terkandung pada minyak berkisar 0.1 – 0.2% dan kadar kotoran berkisar 0.015 – 0.02% dengan kandungan asam lemak bebas maksimal 3.5%.



Gambar 2.24. *Oil Storage Tank* [14]

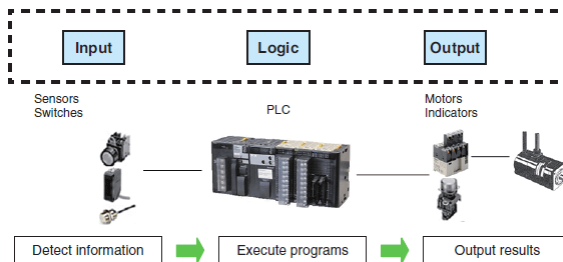
2.2. Programmable Logic Control

Programmable Logic Control atau PLC (Gambar 2.25) merupakan sebuah perangkat elektronik yang dipergunakan untuk keperluan industri sebagai kontroler pada suatu sistem otomasi. Sebagaimana namanya, PLC memiliki mikroprosesor dan dapat mengontrol suatu perangkat melalui program yang dapat diubah sesuai dengan kebutuhan. Terdapat tiga jenis PLC yang dikelompokkan berdasarkan kapasitas *input* dan *output* nya yaitu tipe *compact*, *rack* dan tipe *modular*. Untuk tipe *compact* seluruh bagian PLC tergabung dalam satu bagian atau *device* dan memiliki kapasitas *input* dan *output* hingga 180 buah dan 320 buah, tipe *modular* tiap – tiap bagiannya terpisah kedalam beberapa modul dan memiliki kapasitas *input* dan *output* hingga 2560 buah, sedangkan tipe *rack* PLC memiliki kapasitas *input* dan *output* hingga 5120 buah.



Gambar 2.25. *Programmable Logic Control*

Skema kerja PLC dapat dijelaskan sebagaimana pada Gambar 2.26, di mana PLC menerima sinyal dari perangkat masukan dan membuat beberapa keputusan logika berdasarkan program yang sudah dirancang untuk mengontrol suatu perangkat.



Gambar 2.26. Skema Penggunaan PLC

2.2.1. Bagian-Bagian PLC

Pada umumnya baik PLC tipe *compact* ataupun *modular* memiliki tiga bagian utama yaitu *power supply*, *central processing unit* dan modul *input/output*.

2.2.1.1. Power Supply

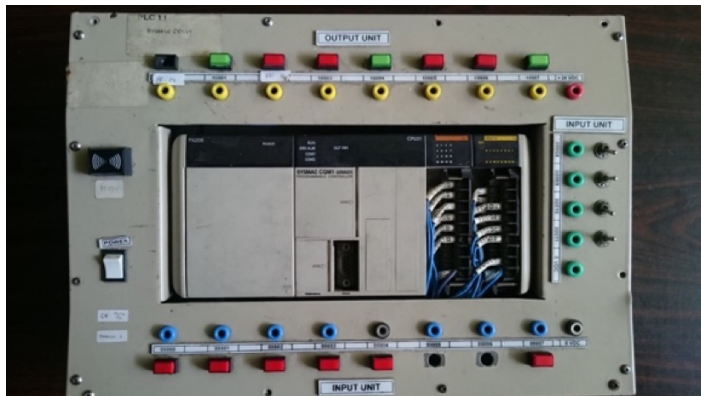
Bagian *power supply* berfungsi sebagai penyuplai daya untuk PLC dan sebagai konverter listrik agar sesuai dengan *rating* yang dimiliki PLC.

2.2.1.2. CPU

Central Processing Unit (CPU) merupakan pusat pemrosesan data pada PLC, CPU juga mengatur seluruh logika input, output dan menyimpan memori.

2.2.1.3. Modul

Dalam pengoperasiannya CPU tidak dapat bekerja sediri, dibutuhkan modul yang dapat berfungsi sebagai masukan atau keluaran dari PLC. Sinyal masukan dan keluaran dapat berupa digital atau analog dan masing – masingnya terhubung pada satu alamat sendiri. Untuk sinyal digital, pada umumnya memiliki level tegangan berkisar 5 – 24 volt. Untuk sinyal analog, terdapat dua tipe yaitu menggunakan tegangan 10 volt; 12 volt; 24 volt tergantung tipe PLC yang digunakan dan tipe arus dengan level arus 4 – 20 mA. Pada sinyal analog terdapat *analog to digital converter* (ADC).

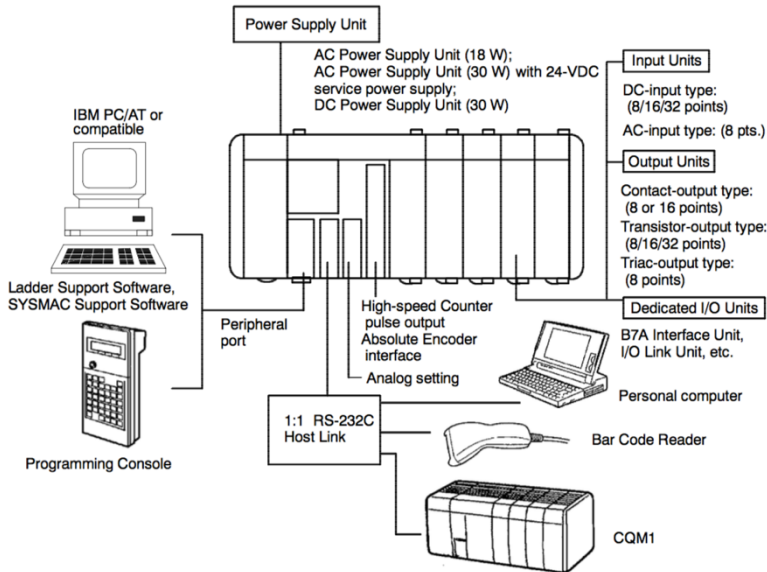


Gambar 2.27. PLC CQM1

2.2.2. PLC OMRON CQM1 [20]

Pada proses implementasi diagram *ladder* digunakan PLC tipe OMRON CQM1 (Gambar 2.37) sebagai kontroler pada proses *crude palm oil*. OMRON CQM1 merupakan PLC tipe *modular*. PLC CQM1 digunakan pada tugas akhir ini karena PLC tipe ini dapat dikoneksikan dengan Wonderware Intouch dengan menggunakan OPC Server.

Penjelasan dari bagian – bagian (modul) PLC OMRON CQM1 dijelaskan pada Gambar 2.28. PLC CQM1 memiliki modul *power supply*, modul *central processing unit* dengan tipe CPU21 dan 2 buah *port* komunikasi yaitu *peripheral* dan RS232, modul *input* dengan 16 *pin input* dan modul *output* dengan 16 *pin output*.



Gambar 2.28. Bagian – bagian modul PLC CQM1 [20]

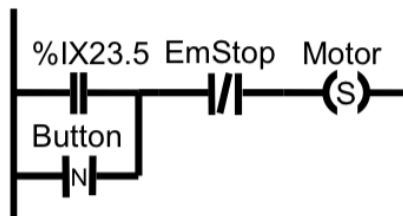
2.2.3. Pemrograman PLC [21]

Untuk dapat beroperasi, PLC perlu ditanamkan terlebih dulu suatu program. Agar logika PLC sesuai dengan yang diinginkan dan efektif maka program PLC dirancang sedemikian rupa. Orang yang memprogram PLC disebut dengan PLC *programmer*. Berdasarkan

standar IEC 61131-3, terdapat lima bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk merancang program PLC.

2.2.3.1. Diagram Ladder

Diagram *ladder* (Gambar 2.29) merupakan salah satu bahasa pemrograman PLC yang berbentuk grafis. Bahasa ini disebut dengan diagram ladder karena bentuknya yang mirip dengan tangga. Untuk memahami diagram *ladder*, dapat diasumsikan seperti rangkaian listrik dimana di sebelah kiri dan kanan terdapat *bus bar*. Sisi kiri berupa kutub positif dan sisi kanan sebagai kutub positif, maka dapat diasumsikan arus mengalir dari sisi kanan ke sisi kiri.

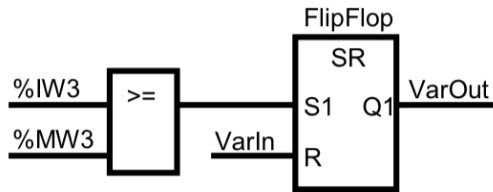


Gambar 2.29. Diagram Ladder [21]

Beberapa komponen utama diagram *ladder* adalah kontak *normally open*, kontak *normally closed*, koil, dan beberapa fungsi yang beberapa diantaranya adalah *timer* dan *counter*. Seluruh komponen tersebut dapat dirangkai dalam satu rung.

2.2.3.2. Function Block Diagram

Function Block Diagram (FBD) adalah salah satu bahasa pemrograman PLC yang berupa kumpulan fungsi logika yang dikumpulkan pada satu blok. Satu blok dengan blok yang lainnya dapat dikombinasikan dengan blok yang lainnya berdasarkan dengan kebutuhan program. Serangkaian blok logika yang dihubungkan satu sama lain akan menghasilkan variasi blok fungsi logika yang lain sebagaimana pada Gambar 2.30.



Gambar 2.30. *Function Block Diagram* [21]

2.2.3.3. *Instruction List*

Instruction List adalah suatu bahasa tingkat rendah yang mirip dengan Assembly yang tersusun oleh sekumpulan perintah yang disertai dengan pengalamatan tertentu pada tiap instruksi. Contoh program dengan bahasa *instruction list* dapat dilihat pada Gambar 2.31.

LD	%IX23.5
ORN	Button
ANDN	EmStop
S	Motor

Gambar 2.31. *Instruction List*

2.2.3.4. *Structure Text*

Structure Text (ST) merupakan bahasa pemrograman PLC yang dilakukan dengan daftar teks atau notasi. Bahasa program ini merupakan bahasa tingkat tinggi sehingga pemrogramannya mirip dengan bahasa C. Untuk contoh pemrograman dengan menggunakan bahasa *Structure Text* dapat dilihat pada Gambar 2.32.

```
FlipFlop ( S1 := (%IW3 >= %MW3),
          R := VarIn );

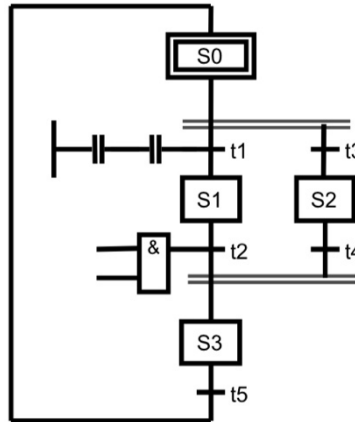
VarOut := FlipFlop.Q1;
```

Gambar 2.32. *Structure Text* [21]

2.2.3.5. *Sequential Function Chart*

Sequence Function Chart (SFC) adalah bahasa pemrograman yang dibuat dalam bentuk *chart*. Setiap bagian *chart* memiliki fungsi tertentu

yang akan menentukan urutan langkah. Maka setiap *step* atau langkah diwakili oleh satu atau beberapa *chart* yang saling terhubung.



Gambar 2.33. Sequential Function Chart [21]

2.2.4. Pengunduhan Program

Pengunduhan program dari computer ke PLC dilakukan melalui sambungan kabel *serial* RS232 yang terhubung dengan PLC OMRON dan kabel *usb serial* converter yang terhubung dengan komputer. Namun sebelumnya, computer yang digunakan untuk mendownload program harus terlebih dahulu terinstall *driver* agar computer dapat menyesuaikan dengan protokol komunikasi yang terdapat pada PLC.

2.3. HMI

Human Machine Interface (HMI) merupakan sistem yang menghubungkan antara manusia dan mesin. HMI dapat berupa visualisasi status dari proses dan kontroler baik secara manual melalui visualisasi computer yang *real time*. Salah satu alasan digunakannya HMI adalah untuk mempermudah operator melihat status proses atau mesin atau pada tugas akhir ini dapat memudahkan melihat status keadaan dari suatu proses dan melakukan simulasi pengendalian proses melalui visualisasi komputer. HMI yang baik dan handal akan membantu operator untuk mengamati, mengatur suatu proses pada *plant* secara efektif dan efisien [22].

2.3.1. Wonderware Intouch

Untuk merancang visualiasasi suatu proses atau mesin diperlukan bantuan perangkat lunak. Perangkat lunak yang digunakan adalah Wonderware Intouch. Wonderware Intouch merupakan perangkat lunak untuk merancang *graphical user interface* yang dikeluarkan oleh Wonderware sejak tahun 1987. Pada perangkat lunak ini terdapat berbagai macam *library* atau *icon* yang dapat mewakili ilustrasi dari proses atau mesin sehingga memudahkan kita untuk memberikan gambaran yang menyeluruh tentang suatu sistem atau proses.



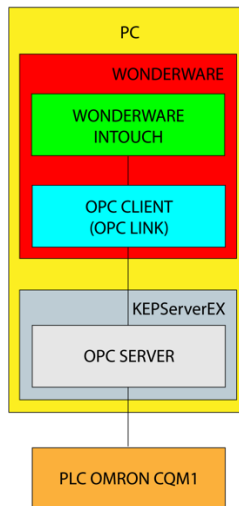
Gambar 2.34. Wonderware Intouch [23]

2.4. OPC

Salah satu tantangan pada sistem otomasi yaitu terdapat banyak jenis protocol yang dikembangkan oleh masing – masing produsen perangkat otomasi sehingga beberapa PLC dengan merek yang berbeda biasanya memiliki protokol komunikasi yang berbeda. Istilah untuk protokol ini adalah *I/O Driver*. *I/O Driver* sendiri berbentuk program dari PLC atau perangkat tertentu yang digunakan saat akan melakukan operasi *read/write data input* dan *output* dari PLC tertentu. Hal tersebut menyulitkan pengguna saat menggunakan produk dari beberapa merek yang berbeda. OPC ini digunakan karena terdapat perbedaan protokol komunikasi antara Wonderware (*OPC Client*) dengan perangkat PLC (OMRON CQM1) sehingga data pada PLC tidak dapat langsung diakses oleh Wonderware Intouch dan juga sebaliknya.

Dengan adanya *OLE Process Control* (OPC), suatu program pada aplikasi yang pada tugas akhir ini menggunakan Wonderware Intouch memungkinkan untuk mengakses data dengan protokol yang sama dan konsisten. Wonderware Intouch hanya perlu mengerti bagaimana

mengambil mengambil data dari OPC *data source* (OPC *Server*). Biasanya OPC *Server* dikembangkan oleh vendor masing – masing PLC namun pada tugas akhir ini digunakan KEPServerEX v5.14 sebagai OPC *Server* karena OPC *Server* yang dikeluarkan oleh OMRON bernama CX Server OPC hanya menyediakan I/O *Driver* FINS, sedangkan PLC OMRON CQM1 tidak didukung oleh protokol komunikasi FINS melainkan didukung oleh Host Link. Satu OPC *Client* dapat mengakses beberapa OPC *Server* secara langsung. [24]



Gambar 2.35. Skema Penerapan OPC



KEPServerEX

OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						
File Edit View Help						
OPC QuickStart - Index						

2.5. Petri Net

Petri net merupakan adalah metodologi untuk memodelkan, mengevaluasi dan mengontrol *discrete event system* (DES). *Petri net* terdiri dari beberapa elemen dasar. Sebagaimana pada Gambar 2.37. Berikut adalah penjelasan dari beberapa elemen dasar tersebut.

- *Place* (lingkaran), digunakan untuk merepresentasikan kondisi atau *state* (benar atau salah)
- *Transition* (bar atau persegi), pada umumnya digunakan untuk memulai dan menghentikan *event*
- Fungsi *input*, didefinisikan sebagai *arcs* dari *place* menuju *transition*
- Fungsi *output*, didefinisikan sebagai *arcs* dari *transition* menuju *place*



Gambar 2.37. Elemen Dasar *Petri Net*

Keempat elemen tersebut mendefinisikan struktur dari *Petri net*. *State* dari *Petri net* ditunjukkan oleh *marking*. *Marking* tersebut dapat diasumsikan oleh sejumlah *token* (titik) pada setiap *place*. *Token* berpindah dari satu *place* ke *place* lain sepanjang arah *arcs*. Arah aliran *token* ditentukan oleh “*firing*” suatu *transition*. Untuk mensimulasikan perubahan yang terjadi pada sistem, sebuah *state* atau *token* berubah berdasarkan aturan – aturan “*firing*” yang didefinisikan. Aturan – aturan “*firing*” tersebut disebut juga sebagai *token game*. [26]

Besaran fisik pada suatu sistem atau proses dapat dimodelkan ke dalam model *Petri net* sebagaimana pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Terjemahan Suatu Sistem atau Proses ke Model *Petri Net*













INPUT PLACE	TRANSITION	OUTPUT PLACE
Kondisi Awal	Kejadian	Kondisi Akhir
Input Data	Tahap	Output Data
Sinyal Input	Sinyal Diproses	Sinyal Output
Bahan Baku	Pengolahan	Hasil Produk
Kondisi	Syarat atau Ketentuan	Kesimpulan

2.5.1. Aturan Konversi *Petri Net*

Sebagaimana dijelaskan pada bagian sebelumnya bahwa elemen dasar *Petri net* berupa *place*, *transition*, fungsi *input* dan fungsi *output*. Sedangkan elemen dasar pada diagram *ladder* adalah *push button*, *limit switch*, *relay coil*, *timer*, dan *counter*. Elemen – elemen dasar tersebut dapat dianalogikan satu sama lain sebagaimana pada Tabel 2.4.

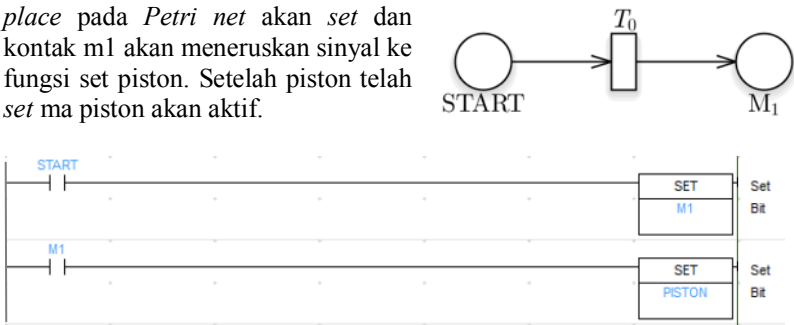
Terdapat perbedaan pada elemen dasar tersebut sehingga diperlukan aturan konversi untuk merubah model *Petri net* ke diagram *ladder*, atau sebaliknya.

Tabel 2.4. Analogi Diagram *Ladder* dengan *Petri Net*

Element Dasar	Diagram <i>Ladder</i>	Petri Net
Nodes	Push Button 	<div>Place </div> <div>Transition </div>
	Normally Open Contact/Switch 	
	Normally Closed Contact/Switch 	
	Relay Coil 	
	Timer 	
	Counter 	
	Soledoid 	
Links	Line 	Normally Arc 
		Inhibitor Arc 

Digunakan fungsi *set/reset* pada diagram *ladder* untuk memudahkan proses konstruksi diagram *ladder*, sehingga proses konstruksi diagram *ladder* dapat dilakukan sebagai dicontohkan dapat dilihat pada Gambar 3.26 [27]. Terdapat sebuah tombol *start* yang disimbokan oleh *input place* dengan label *start* yang menjadi syarat suatu langkah sehingga ketika tombol *start* ditekan maka memori atau *flag* M1 dimodelkan oleh *output*

place pada *Petri net* akan set dan kontak m1 akan meneruskan sinyal ke fungsi set piston. Setelah piston telah set ma piston akan aktif.



Gambar 2.38. Konversi Model *Petri Net* ke Diagram *Ladder* dengan Fungsi *Set/Reset*

Petri net juga dapat digunakan untuk memodelkan suatu proses dengan variasi operasi logika yang digunakan. Sebagaimana pada Tabel 2.5 bahwa variasi operasi logika pada model *Petri net* dan diagram *ladder* secara umum dapat dikategorikan kedalam empat bentuk dasar.

- Tipe 1: Jika (A dan B) THEN C,
dapat juga dinyatakan sebagai $(A \cap B) \rightarrow C$
- Tipe 2: Jika A THEN (C and D),
dapat juga dinyatakan sebagai $A \rightarrow (C \cap D)$
- Tipe 3: Jika (A atau B) THEN C,
dapat juga dinyatakan sebagai $(A \cup B) \rightarrow C$
- Tipe 4: Jika A THEN (C atau D),
dapat juga dinyatakan sebagai $A \rightarrow (C \cup D)$

Pada penerapannya dalam pengaturan langkah (*sequence control*), aturan Tipe 4 tidak memberikan kesimpulan yang spesifik dan sering menimbulkan masalah konflik maka aturan Tipe 4 ini tidak cocok untuk diterapkan pada pengaturan langkah. Sedangkan ketiga aturan lainnya dapat diilustrasikan pada Tabel berikut. [28]

Tabel 2.5. Variasi Logika pada Diagram *Ladder* dan *Petri Net*

Aturan IF THEN	Diagram <i>Ladder</i>	<i>Petri Net</i>
Jika (A dan B) THEN C; $(A \cap B) \rightarrow C$		

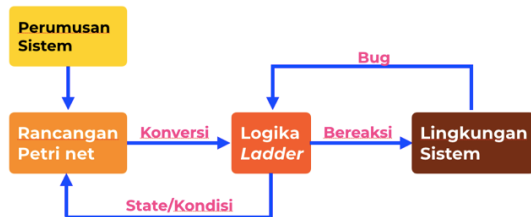
Aturan IF THEN	Diagram Ladder	Petri Net
Jika A THEN (C and D); $A \rightarrow (C \cap D)$	<p>A ladder diagram with a single input A connected to a series of two outputs, C and D. The input A is represented by a normally open contact. The outputs C and D are represented by coils in series.</p>	<p>A Petri net diagram showing a place A connected to a transition. The transition has two outgoing edges to places C and D.</p>
Jika (A atau B) THEN C; $(A \cup B) \rightarrow C$	<p>A ladder diagram with two parallel inputs, A and B, connected to a single output C. The inputs A and B are represented by normally open contacts in parallel. The output C is represented by a coil.</p>	<p>A Petri net diagram showing two places, A and B, each connected to a transition. The transition has a single outgoing edge to place C.</p>

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 3

PERANCANGAN SISTEM

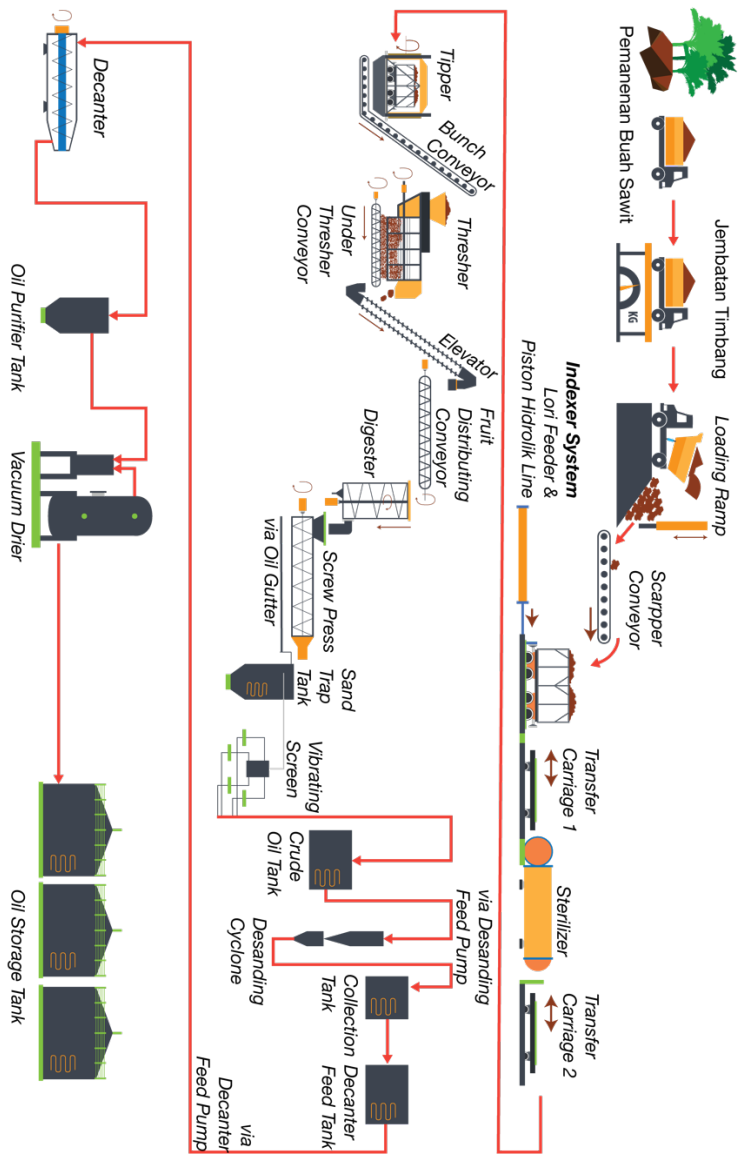
Terdapat beberapa tahapan yang dilalui untuk merancang atau memodelkan sistem otomasi dengan menggunakan metode *Petri net* hingga konstruksi diagram *ladder* dan pengujian pada sistem dilakukan. Berikut (Gambar 3.1) adalah diagram alir tahapan perancangan tersebut. Dimulai dari proses perumusan sistem dimana setiap urutan langkah dan prosesnya pada *crude palm oil process* diidentifikasi dan disajikan dalam bentuk tabel urutan langkah kerja sistem, kemudian modelkan sistem yang telah dirumuskan ke dalam bentuk model *Petri net* setelah itu model *Petri net* dapat dikonversi ke dalam diagram *ladder* sesuai dengan aturan yang berlaku. Yang terakhir, urutan logika diagram *ladder* diuji pada lingkungan sistem. Jika terjadi *bug* atau kesalahan, maka dilakukan pemeriksaan ulang pada diagram *ladder* dan untuk melihat *state* atau kondisi kesalahan yang terjadi dapat dilihat kembali pada model *Petri net* dari *crude palm oil process* yang telah dirancang.



Gambar 3.1. Diagram Alir Tahapan Perancangan Sistem

3.1. Perumusan Sistem *Crude Palm Oil Process*

Crude palm oil process merupakan proses untuk mengolah buah kelapa sawit menjadi bahan olahan berupa *crude palm oil*. Terdapat beberapa proses yang harus dilalui yang setiap prosesnya memiliki tujuan tertentu agar dihasilkan *crude oil palm* yang baik sebagaimana dijelaskan pada bab 2. Pada *crude palm oil process* dirancang beberapa sensor dan aktuator yang disesuaikan dengan mekanisme proses yang bekerja. Sebagaimana gambaran umum *crude palm oil process* yang dapat diilustrasikan pada Gambar 3.2 dan visualisasi HMI pada Gambar 3.29. Sistem otomasi yang dirancang dimulai dari proses penyiapan lori di line 1 oleh lori feeder hingga *crude palm oil* disimpan di *oil storage tank*.



Gambar 3.2. Crude Palm Oil Process

3.1.1. Langkah Kerja

Dalam melakukan perancangan sistem, perlu diketahui juga langkah kerja dari proses otomasi *crude palm oil process*. Untuk memudahkan pemahaman tentang langkah kerja dari proses otomasi *crude palm oil process* perlu diketahui terlebih dahulu seluruh komponen utama yang terdapat dalam sistem yakni sensor dan aktuator yang digunakan, fungsi dan peletakan tiap komponen agar sesuai dengan mekanisme proses yang dibutuhkan. Untuk informasi *input* yang lebih detail dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 untuk *output* sistem.

Tabel 3.1. *Input* Sistem

NO	NAMA	TAG	FUNGSI
1	Tombol <i>Start</i>	PB_START	Untuk memulai <i>crude palm oil process</i>
2	<i>Lori Detector 1</i>	PX_LD1	Memberikan sinyal bahwa terdapat <i>lori</i> pada <i>Line 1</i>
3	<i>Lori Detector 2</i>	PX_LD2	Memberikan sinyal bahwa terdapat <i>lori</i> pada <i>Transfer Carriage 1</i>
4	<i>Lori Detector 5</i>	PX_LD5	Memberikan sinyal bahwa terdapat <i>lori</i> pada <i>Transfer Carriage 2</i>
5	<i>Pin Locking Line Maintenance 1</i>	PX_PLM1	Memberikan tanda bahwa <i>Transfer Carriage 1</i> sudah terhubung dengan <i>Line Maintenance (Pin Locking)</i>
6	<i>TBS Detector 2</i>	TBS_DET2	Memberikan tanda terdapat tandan buah segar pada <i>Loading Ramp</i>
7	<i>Limit Switch Low HGLR</i>	LSH_HGLR	Memberikan sinyal bahwa Pintu Hidrolik <i>Loading Ramp</i> telah tertutup rapat
8	<i>Limit Switch High HGLR</i>	LSL_HGLR	Memberikan sinyal bahwa Pintu Hidrolik <i>Loading Ramp</i> telah membuka maksimal
9	<i>Sensor Beban Scrapper Conveyor</i>	L_BSC	Memberikan sinyal bahwa terdapat tandan buah segar pada <i>Scrapper Conveyor</i>
10	<i>TBS Detector 1</i>	TBS_DET1	Memberikan tanda jika <i>lori</i> sudah terisi penuh sesuai kapasitasnya
11	<i>Pin Locking 1</i>	PX_PL1	Memberikan tanda bahwa <i>Transfer Carriage 1</i> sudah terhubung dengan <i>Line 1 (Pin Locking)</i>
12	<i>Lori Detector 3</i>	PX_LD3	Memberikan sinyal bahwa terdapat <i>lori</i> pada <i>Line 2</i>

NO	NAMA	TAG	FUNGSI
13	Mode <i>Line Maintenance</i> untuk TC1	SW1_MLM	Memberikan tanda kepada <i>Transfer Carriage 1</i> untuk menuju <i>Line Maintenance</i>
14	Mode <i>Line 2</i> untuk TC1	SW1_ML2	Memberikan tanda kepada <i>Transfer Carriage 1</i> untuk menuju <i>Line 2</i>
15	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line 1</i>	LSL_HPL1	Memberikan sinyal bahwa Piston Hidrolik <i>Line 1</i> sudah bergerak minimum
16	<i>Pin Locking 2</i> untuk TC1	PX_PL21	Memberikan tanda bahwa <i>Transfer Carriage 1</i> sudah terhubung dengan <i>Line 2 (Pin Locking)</i>
17	<i>Lori Detector 4</i>	PX_LD4	Memberikan sinyal bahwa terdapat <i>lori</i> pada <i>Sterilizer Cage</i>
18	<i>Lori Detector 6</i>	PX_LD6	Memberikan sinyal bahwa terdapat <i>lori</i> pada <i>Line 3</i>
19	<i>Lori Detector 7</i>	PX_LD7	Memberikan sinyal bahwa terdapat <i>lori</i> pada <i>Tipper</i>
20	<i>Lori Detector 8</i>	PX_LD8	Memberikan sinyal bahwa terdapat <i>lori</i> pada <i>Line Maintenance</i>
21	<i>Lori Detector 9</i>	PX_LD9	Memberikan sinyal bahwa terdapat <i>lori</i> pada <i>Line Maintenance</i>
22	Mode <i>Line Maintenance</i> untuk TC2	SW2_MLM	Memberikan tanda kepada <i>Transfer Carriage 2</i> untuk menuju <i>Line Maintenance</i>
23	Mode <i>Line 3</i> untuk TC2	SW2_ML3	Memberikan tanda kepada <i>Transfer Carriage 2</i> untuk menuju <i>Line 3</i>
24	<i>Proximity End-Position Line 3</i>	PX_EPL3	Memberikan sinyal posisi akhir pada <i>Line 3</i> atau <i>lori</i> telah berada di <i>Tipper</i>
25	<i>Proximity End-Position Line Maintenance</i>	PX_EPLM	Memberikan sinyal posisi akhir pada <i>Line Maintenance</i>
26	<i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 1</i>	PX_SPC1	Memberikan sinyal posisi awal pada <i>Connecting Rail Bride 1</i>
27	<i>Proximity End-Position Connecting Rail Bride 1</i>	PX_EPC1	Memberikan tanda posisi akhir dari jalur <i>Connecting Rail Bride 1</i>
28	<i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 2</i>	PX_SPC2	Memberikan sinyal posisi awal pada <i>Connecting Rail Bride 2</i>

NO	NAMA	TAG	FUNGSI
29	<i>Proximity End-Position Connecting Rail Bride 2</i>	PX_EPC2	Memberikan sinyal posisi akhir pada <i>Connecting Rail Bride 2</i>
30	<i>Tombol Stop</i>	MPB_STOP	Untuk menghentikan <i>crude palm oil process</i>
31	<i>High Level Digester Tank</i>	LH_DIG	Memberikan tanda bahwa <i>Digester Tank</i> telah terisi penuh
32	<i>Pin Locking Line Maintenance 2</i>	PX_PLM2	Memberikan tanda bahwa <i>Transfer Carriage 2</i> sudah terhubung dengan <i>Line Maintenance (Pin Locking)</i>
33	<i>Pin Locking 2 untuk TC2</i>	PX_PL22	Memberikan tanda bahwa <i>Transfer Carriage 2</i> sudah terhubung dengan <i>Line 2 (Pin Locking)</i>
34	<i>Pin Locking 3</i>	PX_PL3	Memberikan tanda bahwa <i>Transfer Carriage 2</i> sudah terhubung dengan <i>Line 3 (Pin Locking)</i>
35	<i>Limit Switch 1</i>	LS_1	Memberikan tanda bahwa Pintu Depan <i>Sterilizer</i> sudah terbuka
36	<i>Limit Switch 2</i>	LS_2	Memberikan tanda bahwa Pintu Depan <i>Sterilizer</i> sudah tertutup
37	<i>Limit Switch 3</i>	LS_3	Memberikan tanda bahwa Pintu Belakang sudah <i>Sterilizer</i> terbuka
38	<i>Limit Switch 4</i>	LS_4	Memberikan tanda bahwa Pintu Belakang <i>Sterilizer</i> sudah tertutup
39	<i>Limit Switch High Tipper</i>	LS_5	Memberikan tanda bahwa <i>Tipper</i> sudah berputar 360°
40	<i>Limit Switch Low Tipper</i>	LS_6	Memberikan tanda bahwa <i>Tipper</i> sudah berada pada posisi awal
41	<i>Pressure Transmitter 1_1</i>	PT1_1	Membaca tekanan di dalam <i>Sterilizer</i> dan aktif ketika tekanan 2 bar tercapai
42	<i>Pressure Transmitter 1_2</i>	PT1_2	Membaca tekanan di dalam <i>Sterilizer</i> dan aktif ketika tekanan 0.2 bar tercapai
43	<i>Pressure Transmitter 1_3</i>	PT1_3	Membaca tekanan di dalam <i>Sterilizer</i> dan aktif ketika tekanan 2.5 bar tercapai
44	<i>Pressure Transmitter 1_4</i>	PT1_4	Membaca tekanan di dalam <i>Sterilizer</i> dan aktif ketika tekanan 0.3 bar tercapai
45	<i>Pressure Transmitter 1_5</i>	PT1_5	Membaca tekanan di dalam <i>Sterilizer</i> dan aktif ketika tekanan 3 bar tercapai

NO	NAMA	TAG	FUNGSI
46	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line 2</i>	LSL_HPL2	Memberikan sinyal bahwa Piston Hidrolik <i>Line 2</i> sudah bergerak minimum
47	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line Maintenance 1</i>	LSL_HPLM1	Memberikan sinyal bahwa Piston Hidrolik <i>Line Maintenance 1</i> sudah bergerak minimum
48	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line Maintenance 2</i>	LSL_HPLM2	Memberikan sinyal bahwa Piston Hidrolik <i>Line Maintenance 2</i> sudah bergerak minimum
49	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Transfer Carriage 1</i>	LSL_HPTC1	Memberikan sinyal bahwa Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage 1</i> sudah bergerak minimum
50	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Transfer Carriage 2</i>	LSL_HPTC2	Memberikan sinyal bahwa Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage 2</i> sudah bergerak minimum
51	<i>Low Level Sand Trap Tank</i>	LL_STT	Memberikan sinyal bahwa level minyak pada <i>Sand Trap Tank</i> minimum
52	<i>High Level Sand Trap Tank</i>	HL_STT	Memberikan sinyal bahwa level minyak pada <i>Sand Trap Tank</i> maksimum
53	<i>Low Level Crude Oil Tank Tank</i>	LL_COT	Memberikan sinyal bahwa level minyak pada <i>Crude Oil Tank</i> minimum
54	<i>Sensor Level Crude Oil Tank</i>	HL_COT	Memberikan sinyal bahwa level minyak pada <i>Crude Oil Tank</i> maksimum
55	<i>Sensor Level Collection Tank</i>	LCT	Memberikan sinyal bahwa level minyak pada <i>Level Collection Tank</i> maksimum
56	<i>Sensor Beban Bunch Conveyor</i>	L_BC	Membawa tandan buah segar menuju <i>Thresher</i>
57	<i>Fruit Detector 1</i>	FD1	Memberikan sinyal bahwa terdapat tandan buah segar di dalam <i>Thresher</i>
58	<i>Sensor Beban Under Thresher Conveyor</i>	L_UTC	Memberikan sinyal bahwa terdapat tandan buah segar yang telah rontok di atas <i>Under Thresher Conveyor</i>
59	<i>Sensor Beban Fruit Elevator</i>	L_FE	Memberikan sinyal bahwa terdapat tandan buah segar yang telah rontok di dalam <i>Elevator</i>
60	<i>Sensor Beban Fruit Distributing Conveyor</i>	L_FDC	Memberikan sinyal bahwa terdapat tandan buah segar yang telah rontok di atas <i>Fruit Distributing Conveyor</i>

NO	NAMA	TAG	FUNGSI
61	<i>Fruit Detector 2</i>	FD2	Memberikan sinyal bahwa terdapat tandan buah segar di dalam <i>Digester</i>
62	<i>Fruit Detector 3</i>	FD3	Memberikan sinyal bahwa terdapat tandan buah segar di dalam <i>Screw Press</i>
63	<i>Limit Switch Low Hidrolik Lori Feeder</i>	LSL_LF	Memberikan sinyal bahwa piston <i>Lori Feeder</i> berada pada posisi minimum
64	<i>Sensor Level Decanter Feed Tank</i>	SLD	Memberikan sinyal pada <i>Decanter</i> untuk mulai bekerja
65	<i>Sensor Level Low Vacuum Drier</i>	SLVD	Memberikan sinyal pada <i>Vacuum Drier</i> dan <i>Oil Purifier</i> untuk mulai bekerja
66	<i>Sensor High Level Vacuum Drier</i>	SHLVD	Memberikan sinyal ketinggian pada <i>Vacuum Drier</i> untuk mengaktifkan <i>Reclaimed Oil Pump</i>
67	<i>Sensor Level Oil Storage Tank</i>	LOST	Memberikan sinyal ketinggian pada <i>Oil Storage Tank</i> untuk menonaktifkan <i>Tipper</i>

Tabel 3.2. *Output Sistem*

NO	NAMA	TAG	FUNGSI
1	<i>Piston Hidrolik Lori Feeder</i>	HP_LF	Menarik <i>lori</i> masuk ke <i>Line 1</i>
2	<i>Pintu Hidrolik Loading Ramp</i>	HGLR	Mengeluarkan tandan buah segar yang berada di <i>Loading Ramp</i> atau <i>Apron</i>
3	<i>Scraper Conveyor</i>	SCP_CONV	Berfungsi sebagai <i>feeder</i> , membawa tandan buah segar dan menumpukannya pada <i>lori</i> di <i>Line</i> .
4	<i>Piston Hidrolik Line 1</i>	HP_L1	Membawa <i>lori-lori</i> menuju <i>Transfer Carriage 1</i>
5	<i>Motor Transfer Carriage 1</i>	M_TC1	Memindahkan <i>Transfer Carriage 1</i>
6	<i>Piston Hidrolik Line Maintenance 1</i>	HP_LM1	Membawa <i>lori-lori</i> di sepanjang <i>Line Maintenance</i>
7	<i>Piston Hidrolik Line Maintenance 2</i>	HP_LM2	Membawa <i>lori-lori</i> di sepanjang <i>Line Maintenance</i>
8	<i>Piston Hidrolik Line 2</i>	HP_L2	Mendorong <i>lori-lori</i> pada <i>Line Sterilizer (Line 2)</i>

NO	NAMA	TAG	FUNGSI
9	Piston Hidrolik Line 3	HP_L3	Membawa <i>lori-lori</i> bergerak memasuki <i>Tipper</i>
10	Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage</i> 1	HP_TC1	Menggerakkan <i>Transfer Carriage</i> 1 menuju <i>Line</i> 2 atau <i>Line Maintenance</i>
11	Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage</i> 2	HP_TC2	Menggerakkan <i>Transfer Carriage</i> 1 menuju <i>Line</i> 3 atau <i>Line Maintenance</i>
12	Motor <i>Transfer Carriage</i> 2	M_TC2	Memindahkan <i>Transfer Carriage</i> 2
13	Pintu Depan <i>Sterilizer</i>	SC_FD	Menutup bagian depan <i>Sterilizer</i> agar tekanan dan suhu didalam dapat terjaga
14	<i>Connecting Rail Bride</i> 1	CRB1	Menghubungkan <i>Line</i> di luar <i>Sterilizer</i> dengan <i>Line</i> di dalam <i>Sterilizer</i>
15	Katup Kondensat	CONV	Membuang uap panas saat proses sterilisasi untuk keperluan pengaturan besar tekanan uap panas saat proses berlangsung
16	Katup <i>Inlet</i> Uap Panas	STIN_VALV E	Memasukkan uap panas ke dalam <i>Sterilizer</i>
17	Katup <i>Exhaust</i> Uap Panas	EX_VALVE	Mempercepat pengosongan tekanan uap panas di dalam <i>Sterilizer</i>
18	Pintu Belakang <i>Sterilizer</i>	SC_BD	Menutup bagian belakang <i>Sterilizer</i> agar tekanan dan suhu didalam dapat terjaga
19	<i>Connecting Rail Bride</i> 2	CRB2	Menutup <i>Sterilizer</i> agar tekanan dan suhu didalam dapat terjaga
20	Motor <i>Tipper</i>	M_TPPLR	Berfungsi untuk menumpahkan tandan buah segar ke <i>Bunch Conveyor</i>
21	<i>Bunch Conveyor</i>	BNC_CONV	Berfungsi untuk membawa tandan buah segar ke <i>Thresher Drum</i>
22	Motor <i>Thresher</i>	M_THR	Menebah tandan buah segar agar terpisah antara buah sawit dengan janjangnya
23	<i>Under Thresher Conveyor</i>	UTHR_CON V	Menampung buah sawit hasil <i>Thresher</i> dan membawa buah sawit ke <i>Elevator</i>
24	<i>Fruit Elevator</i>	FRELV	Membawa buah sawit ke <i>Fruit Distributing Conveyor</i>
25	<i>Fruit Distributing Conveyor</i>	FDC	Berfungsi untuk membawa buah sawit menuju <i>Digester</i>

NO	NAMA	TAG	FUNGSI
26	Motor <i>Blade</i> dan <i>String Digester</i>	M_BSD	Melumut buah sawit agar proses pemerasan buah sawit dapat optimal menghasilkan minyak
27	Motor <i>Screw Press</i>	M_SP	Memeras buah sawit dan memisahkan antara minyak, biji dan fiber.
28	<i>Heater Sand Trap Tank</i>	ST	Memanaskan suhu minyak pada <i>Sand Trap Tank</i> hingga 90° C
29	Motor <i>Oil Vibrating Screen</i>	M_VS	Berfungsi untuk memisahkan serat dan pengotor padat yang terbawa dalam minyak
30	<i>Desanding Pump</i>	DP	Berfungsi untuk membawa <i>crude oil</i> menuju <i>Desanding Cyclone</i>
31	<i>Desanding Cyclone</i>	DC	Berfungsi untuk dua kali pemurnian
32	<i>Decanter Feed Pump</i>	DEC_FP	Berfungsi untuk membawa minyak ke <i>Decanter Feed Tank</i>
33	Motor <i>Decanter</i>	M_DEC	Berfungsi untuk melakukan pemisahan minyak menjadi 3 fasa secara sentrifugal
34	<i>Reclaimed Oil Pump</i>	REC_OP	Berfungsi untuk membawa <i>light phase oil</i> ke <i>Oil Purifier Tank</i>
35	<i>Vacuum Drier</i>	VD	Berfungsi untuk menurunkan kadar air pada minyak
36	<i>Oil Transfer Pump</i>	OTP	Berfungsi untuk membawa <i>light phase oil</i> yang sudah melewati <i>Vacuum Drier</i> menuju <i>Oil Storage Tank</i>
37	Katup Pembuangan Pasir	KPP	Membuang endapan pasir pada <i>Sand Trap Tank</i>
38	<i>Steam Coil Crude Oil Tank</i>	SCCOT	Memanaskan suhu minyak pada <i>Crude Oil Tank</i> hingga 95°C
39	Katup Uap Panas <i>Digester Tank</i>	STV_DIG	Berfungsi untuk mengalirkan uap panas ke <i>Digester Tank</i>

Jika seluruh perangkat atau komponen utama dari proses otomasi pada *crude palm oil process* telah dipahami maka tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi aksi atau *event* yang terjadi pada sistem mulai dari penyiapan *lori* pada *line 1* oleh *lori feeder* hingga *crude palm oil* dipompa oleh *oil transfer pump* menuju *oil storage tank*.

Satu aksi dapat terdiri dari satu *output* yang aktif atau lebih. Jumlah aksi yang dilakukan pada sistem merupakan jumlah (*step*) langkah yang harus dilakukan. Aksi yang dirancang pada identifikasi ini juga berupa urutan sehingga juga dapat dikatakan sebagai urutan langkah (*sequence*).

Aksi atau *event* yang dirancang telah disesuaikan dengan syarat – syarat yang terdapat pada *crude palm oil process*. Untuk informasi yang lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Langkah Kerja Sistem

STEP	AKSI	SYARAT CUKUP	SYARAT PERLU
INIT	Piston Hidrolik <i>Lori Feeder</i> nonaktif (mundur)	Tombol <i>Start</i>	Sistem nonaktif
1	Piston Hidrolik <i>Lori Feeder</i> aktif (maju)	Setelah <i>Step</i> init	• <i>Lori Detector</i> 1 nonaktif
		Setelah <i>Step</i> 17	• <i>Lori Detector</i> 2 nonaktif
		Setelah <i>Step</i> 44	• <i>Lori Detector</i> 5 nonaktif
		Setelah <i>Step</i> 10.2.7	• <i>Limit Switch Low Lori Feeder</i> aktif
		Setelah <i>Step</i> 40.2.7	• <i>High Level Storage Tank</i> nonaktif
2	Piston Hidrolik <i>Lori Feeder</i> nonaktif (mundur)	<i>Lori Detector</i> 1 aktif	Setelah <i>Step</i> 1
3	Pintu Hidrolik <i>Loading Ramp</i> aktif (membuka)	Sensor Beban Tandan Buah Segar 2 aktif	• Sensor Beban tandan • <i>Lori Detector</i> 1 aktif • <i>Limit Switch Low HGLR</i> aktif
4	Pintu Hidrolik <i>Loading Ramp</i> nonaktif (berhenti)	<i>Limit Switch High HGLR</i> aktif	Setelah <i>Step</i> 3
5	<i>Scraper Conveyor</i> aktif	Sensor Beban <i>Scraper Conveyor</i> aktif	• Setelah <i>Step</i> 4 • <i>Lori Detector</i> 1 aktif
6	<i>Scraper Conveyor</i> nonaktif dan Pintu Hidrolik <i>Loading Ramp</i> aktif (menutup)	Sensor Beban TBS 1 aktif	• Setelah <i>Step</i> 5 • <i>Limit Switch High HGLR</i> aktif
7	Pintu Hidrolik <i>Loading Ramp</i> nonaktif (berhenti)	<i>Limit Switch Low HGLR</i> aktif	Setelah <i>Step</i> 6
8	Piston Hidrolik <i>Line</i> 1 aktif (maju)	Setelah <i>Step</i> 7	• <i>Lori Detector</i> 1 aktif • <i>Pin Locking</i> 1 aktif • <i>Relay Lori Detector</i> 3 nonaktif
9	Piston Hidrolik <i>Line</i> 1 nonaktif (mundur)	<i>Lori Detector</i> 2 aktif	Setelah <i>Step</i> 8
10	<i>Transfer Carriage</i> 1		

STEP	AKSI	SYARAT CUKUP	SYARAT PERLU
10.1	Jika Mode Line 2 untuk TC1 aktif , Motor <i>Transfer Carriage</i> 1 akan aktif (menuju Line 2)	<i>Switch Mode Line 2</i> untuk TC1 aktif	<ul style="list-style-type: none"> •Setelah <i>Step 9</i> •<i>Lori Detector 2</i> aktif •<i>Pin Locking 1</i> aktif •<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line 1</i> aktif •<i>Limit Switch Low Piston Transfer Carriage 1</i> aktif
10.1.1	Motor <i>Transfer Carriage</i> 1 nonaktif (berhenti) dan berlanjut ke <i>Step 11</i>	<i>Pin Locking 2</i> untuk TC1 aktif	Setelah <i>Step 10.1</i>
10.2	Jika Mode Line Maintenance untuk TC1 aktif , Motor <i>Transfer Carriage 1</i> aktif dan bergerak maju ke <i>Park Maintenance</i>	<i>Switch Mode Line Maintenance</i> untuk TC1 aktif	<ul style="list-style-type: none"> •Setelah <i>Step 9</i> •<i>Lori Detector 2</i> aktif •<i>Pin Locking 1</i> aktif •<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line 1</i> aktif •<i>Limit Switch Low Piston Transfer Carriage 1</i> aktif
10.2.1	Motor <i>Transfer Carriage 1</i> nonaktif (berhenti)	<i>Pin Locking Line Maintenance 1</i> aktif	Setelah <i>Step 10.2</i>
10.2.2	Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage 1</i> aktif (maju)	Setelah <i>Step 10.2.1</i>	<i>Lori Detector 2</i>
10.2.3	Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage 1</i> nonaktif (mundur)	<i>Lori Detector 8</i>	Setelah <i>Step 10.2.2</i>
10.2.4	Piston Hidrolik <i>Line Maintenance 1</i> aktif (maju)	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Transfer Carriage 1</i>	Setelah <i>Step 10.2.3</i>
10.2.5	Piston Hidrolik <i>Line Maintenance 1</i> nonaktif (mundur)	<i>Proximity End-Position Line Maintenance</i> aktif	Setelah <i>Step 10.2.4</i>
10.2.6	Motor <i>Transfer Carriage 1</i> aktif (kembali menuju <i>Line 1</i>)	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line Maintenance 1</i>	Setelah <i>Step 10.2.5</i>
10.2.7	Motor <i>Transfer Carriage 1</i> nonaktif (berhenti)	<i>Pin Locking 1</i>	Setelah <i>Step 10.2.6</i>
11	Pintu Depan <i>Sterilizer</i> aktif (membuka)	Setelah <i>Step 10.1.1</i>	<ul style="list-style-type: none"> •<i>Limit Switch 2</i> aktif

STEP	AKSI	SYARAT CUKUP	SYARAT PERLU
			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride</i> 1 aktif
12	<i>Connecting Rail Bride</i> 1 aktif (bergerak masuk)	<i>Limit switch</i> 1 aktif	Setelah <i>Step</i> 11
13	<i>Connecting Rail Bride</i> 1 nonaktif (berhenti)	<i>Proximity End-Position Connecting Rail Bride</i> 1 aktif	Setelah <i>Step</i> 12
14	Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage</i> 1 aktif (maju)	Setelah <i>Step</i> 13	<i>Lori Detector</i> 2
15	Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage</i> 1 nonaktif (mundur) dan Relay <i>Lori Detector</i> 3 aktif	<i>Lori Detector</i> 3	Setelah <i>Step</i> 14
16	Motor <i>Transfer Carriage</i> 1 aktif (kembali menuju Line 1)	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Transfer Carriage</i> 1	Setelah <i>Step</i> 15
17	Motor <i>Transfer Carriage</i> 1 nonaktif (berhenti)	<i>Pin Locking</i> 1	Setelah <i>Step</i> 16
18	Piston Hidrolik <i>Line</i> 2 aktif (maju)	Setelah <i>Step</i> 17	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lori Detector</i> 3 • <i>Limit Switch</i> 1 aktif • <i>Proximity End-Position Connecting Rail Bride</i> 1 aktif
19	Piston Hidrolik <i>Line</i> 2 nonaktif (mundur)	<i>Lori Detector</i> 4 aktif	<ul style="list-style-type: none"> • Setelah <i>Step</i> 18 • <i>Limit Switch</i> 1 aktif • <i>Proximity End-Position Connecting Rail Bride</i> 1 aktif
20	<i>Connecting Rail Bride</i> 1 aktif (bergerak keluar)	Setelah <i>Step</i> 19	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Proximity End-Position Connecting Rail Bride</i> 1 aktif • <i>Limit switch</i> 1 aktif
21	<i>Connecting Rail Bride</i> 1 nonaktif (berhenti)	<i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride</i> 1 aktif	Setelah <i>Step</i> 20
22	Pintu Depan <i>Sterilizer</i> nonaktif (menutup)	Setelah <i>Step</i> 21	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Limit switch</i> 1 aktif • <i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride</i> 1 aktif
23	Katup <i>Inlet</i> Uap Panas aktif (membuka),	<i>Limit Switch</i> 2 aktif	<ul style="list-style-type: none"> • Setelah <i>Step</i> 22 • <i>Lori Detector</i> 4

STEP	AKSI	SYARAT CUKUP	SYARAT PERLU
	Katup Kondensat menutup dan <i>Timer 1 counting (puncak 1)</i>		• <i>Limit Switch</i> 4 aktif
24	Katup <i>Inlet</i> Uap Panas nonaktif (menutup), Katup Kondensat aktif (membuka), dan <i>Timer 2 counting</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pressure Transmitter</i> 1_1 aktif (tekanan mencapai 2 kg/cm²) • <i>Timer Contactor</i> 1 aktif (8 menit) 	Setelah <i>Step</i> 23
25	Katup Kondensat nonaktif (menutup), Katup <i>Inlet</i> Uap Panas aktif (membuka) dan <i>Timer 3 counting (puncak kedua)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pressure Transmitter</i> 1_2 aktif (tekanan mencapai 0 kg/cm²) • <i>Timer Contactor</i> 2 aktif (4 menit) 	Setelah <i>Step</i> 24
26	Katup <i>Inlet</i> Uap Panas nonaktif (menutup), Katup Kondensat aktif (membuka), dan <i>Timer 4 counting</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pressure Transmitter</i> 1_3 aktif (tekanan mencapai 2,6 kg/cm²) • <i>Timer Contactor</i> 3 aktif (12 menit) 	Setelah <i>Step</i> 25
27	Katup <i>Inlet</i> Uap Panas aktif (membuka), Katup Kondensat nonaktif (menutup), dan <i>Timer 5 counting (puncak ketiga)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pressure Transmitter</i> 1_2 aktif (tekanan mencapai 0 kg/cm²) • <i>Kontaktor Timer</i> 4 aktif (7 menit) 	Setelah <i>Step</i> 26
28	<i>Timer 6 counting</i> aktif (<i>holding</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pressure Transmitter</i> 1_4 aktif (tekanan mencapai 3 kg/cm²) • <i>Timer Contactor</i> 5 aktif (14 menit) 	Setelah <i>Step</i> 27
29	Katup <i>Inlet</i> Uap Panas nonaktif (menutup), Katup Kondensat aktif (membuka) dan <i>Timer 7 counting</i>	<i>Timer Contactor</i> 6 aktif (45 menit)	Setelah <i>Step</i> 28
30	Katup <i>Exhaust</i> Uap Panas aktif (membuka) dan <i>Timer 8 counting</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pressure Transmitter</i> 1_2 aktif (tekanan mencapai 0,3 kg/cm²) • <i>Timer Contactor</i> 7 aktif (5 menit) 	Setelah <i>Step</i> 29
31	Katup <i>Exhaust</i> Uap Panas , dan Katup Kondensat nonaktif (menutup)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pressure Transmitter</i> 1_5 aktif (tekanan mencapai 0 kg/cm²) • <i>Timer Contactor</i> 8 aktif (5 menit) 	Setelah <i>Step</i> 30

STEP	AKSI	SYARAT CUKUP	SYARAT PERLU
32	Pintu Depan Sterilizer dan Pintu Belakang Sterilizer aktif (membuka)	Setelah Step 31	<ul style="list-style-type: none"> • Pressure Transmitter 1_5 aktif (tekanan sudah nol) • Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 1 aktif • Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 2 aktif
33	Connecting Rail Bride 1 dan Connecting Rail Bride 2 aktif (bergerak masuk)	<ul style="list-style-type: none"> • Limit Switch 1 • Limit Switch 3 aktif 	Setelah Step 32
34	Connecting Rail Bride 1 dan Connecting Rail Bride 2 nonaktif (berhenti)	<ul style="list-style-type: none"> • Proximity End-Position Connecting Rail Bride 1 aktif • Proximity End-Position Connecting Rail Bride 2 aktif 	Setelah Step 33
35	Piston Hidrolik Line 2 aktif (maju)	Setelah Step 34	<ul style="list-style-type: none"> • Limit switch 1 aktif • Limit switch 3 aktif • Proximity End-Position Connecting Rail Bride 1 aktif • Proximity End-Position Connecting Rail Bride 2 aktif • Pin Locking 2 untuk TC2 aktif • Relay Lori Detector 6 nonaktif
36	Piston Hidrolik Line 2 nonaktif (mundur) dan Relay Lori Detector 3 nonaktif	Lori Detector 5	<ul style="list-style-type: none"> • Setelah Step 35 • Relay Lori Detector 3 aktif
37	Connecting Rail Bride 1 dan Connecting Rail Bride 2 aktif (bergerak keluar)	Limit Switch Low Piston Hidrolik Line 2	<ul style="list-style-type: none"> • Setelah Step 36 • Limit switch 1 aktif • Limit switch 3 aktif
38	Connecting Rail Bride 1 dan Connecting Rail Bride 2 nonaktif (berhenti)	<ul style="list-style-type: none"> • Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 1 aktif • Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 2 aktif 	Setelah Step 37
39	Pintu Depan Sterilizer dan Pintu Belakang	Setelah Step 38	<ul style="list-style-type: none"> • Limit Switch 1 aktif • Limit Switch 3 aktif

STEP	AKSI	SYARAT CUKUP	SYARAT PERLU
	<i>Sterilizer nonaktif (menutup)</i>		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 1 aktif</i> • <i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 2 aktif</i>
40	<i>Transfer Carriage 2</i>		
40.1	Jika Mode Line 3 untuk TC2 aktif, <i>Motor Transfer Carriage 2 akan aktif (bergerak menuju Line 3)</i>	Setelah Step 39	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mode Line 3 untuk TC2 aktif</i> • <i>Lori Detector 5 aktif</i> • <i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line 2 aktif</i> • <i>Limit Switch Low Piston Transfer Carriage 1 aktif</i>
40.1.1	<i>Motor Transfer Carriage 2 nonaktif (berhenti) dan berlajut ke Step 43</i>	<i>Pin Locking 3</i>	Setelah Step 40.1
40.2	Jika Mode Line Maintenance untuk TC2 aktif, <i>Motor Transfer Carriage 2 aktif dan bergerak maju ke Park Maintenance</i>	Setelah Step 39	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mode Line Maintenance untuk TC2 aktif</i> • <i>Lori Detector 5 aktif</i> • <i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line 2 aktif</i> • <i>Limit Switch Low Piston Transfer Carriage 1 aktif</i>
40.2.1	<i>Motor Transfer Carriage 2 nonaktif (berhenti)</i>	<i>Pin Locking Line Maintenance 2 aktif</i>	Setelah Step 40.2
40.2.2	<i>Piston Hidrolik Transfer Carriage 2 aktif (maju)</i>	Setelah Step 40.2.1	<i>Lori Detector 5</i>
40.2.3	<i>Piston Hidrolik Transfer Carriage 2 nonaktif (mundur)</i>	<i>Lori Detector 9</i>	Setelah Step 40.2.2
40.2.4	<i>Piston Hidrolik Line Maintenance 2 aktif (maju)</i>	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Transfer Carriage 2</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lori Detector 5 aktif</i> • <i>Setelah Step 40.2.3</i>
40.2.5	<i>Piston Hidrolik Line Maintenance 2 nonaktif (mundur)</i>	<i>Proximity End-Position Line Maintenance aktif</i>	Setelah Step 40.2.4

STEP	AKSI	SYARAT CUKUP	SYARAT PERLU
40.2.6	Motor <i>Transfer Carriage</i> 2 aktif (kembali menuju <i>Line 2</i>)	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line Maintenance 2</i>	Setelah <i>Step 40.2.5</i>
40.2.7	Motor <i>Transfer Carriage</i> 2 nonaktif (berhenti)	<i>Pin Locking 2</i> untuk TC2	Setelah <i>Step 40.2.6</i>
41	Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage 2</i> aktif (maju)	<i>Pin Locking 3</i>	<ul style="list-style-type: none"> •Setelah <i>Step 40.1.1</i> •<i>Lori Detector 5</i>
42	Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage 2</i> nonaktif (mundur) dan Relay <i>Lori Detector 6</i> aktif	<i>Lori Detector 6</i>	Setelah <i>Step 41</i>
43	Motor <i>Transfer Carriage 2</i> aktif (kembali menuju <i>Line 2</i>)	Setelah <i>Step 42</i>	<i>Lori Detector 6</i>
44	Motor <i>Transfer Carriage 2</i> nonaktif (berhenti)	<i>Pin Locking 2</i> untuk TC2	Setelah <i>Step 43</i>
45	Piston Hidrolik <i>Line 3</i> aktif (maju)	Setelah <i>Step 44</i>	<ul style="list-style-type: none"> •<i>Lori Detector 6</i> •<i>Limit Switch Low Tipper</i> aktif
46	Piston Hidrolik <i>Line 3</i> nonaktif (mundur)	<i>Lori Detector 7</i>	Setelah <i>Step 45</i>
47	Motor <i>Tipper</i> aktif (berputar)	Setelah <i>Step 46</i>	<ul style="list-style-type: none"> •<i>Lori Detector 7</i> •<i>High Level Digester Tank</i> nonaktif
48	Motor <i>Tipper</i> nonaktif (berhenti) dan <i>Timer 9</i> aktif	<i>Limit Switch High Tipper</i> aktif	Setelah <i>Step 47</i>
49	Motor <i>Tipper</i> aktif (berputar balik)	<i>Timer Contactor 9</i> aktif	Setelah <i>Step 48</i>
50	Motor <i>Tipper</i> nonaktif (berhenti)	<i>Limit Switch Low Tipper</i> aktif	Setelah <i>Step 49</i>
51	Piston Hidrolik <i>Line 3</i> aktif (maju)	Setelah <i>Step 50</i>	<i>Limit Switch Low Tipper</i> aktif
52	Piston Hidrolik <i>Line 3</i> nonaktif (mundur) dan Relay <i>Lori Detector 6</i> non aktif	<i>Proximity End-Position Line 3</i>	Setelah <i>Step 51</i>
53	<i>Bunch Conveyor</i> aktif	Sensor Beban <i>Bunch Conveyor</i> aktif	<ul style="list-style-type: none"> •Setelah <i>Step 52</i> •<i>High Level Digester Tank</i> nonaktif
54	<i>Thresher</i> aktif	<i>Fruit Detector 1</i> aktif	•Setelah <i>Step 53</i>

STEP	AKSI	SYARAT CUKUP	SYARAT PERLU
			<ul style="list-style-type: none"> • <i>High Level Digester Tank</i> nonaktif
55	<i>Under Thresher Conveyor</i> aktif	Sensor Beban <i>Under Thresher Conveyor</i> aktif	<ul style="list-style-type: none"> • Setelah <i>Step 54</i> • <i>High Level Digester Tank</i> nonaktif
56	<i>Fruit Elevator</i> aktif	Sensor Beban <i>Fruit Elevator</i> aktif	<ul style="list-style-type: none"> • Setelah <i>Step 55</i> • <i>High Level Digester Tank</i> nonaktif
57	<i>Fruit Distributing Conveyor</i> aktif	Sensor Beban <i>Fruit Distributing Conveyor</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Setelah <i>Step 56</i> • <i>High Level Digester Tank</i> nonaktif
58	<i>Blade</i> dan <i>String Digester</i> aktif dan Katup Uap Panas <i>Digester Tank</i> aktif	<i>Fruit Detector 2</i> aktif	Setelah <i>Step 57</i>
59	<i>Screw Press</i> aktif dan minyak mengalir menuju <i>Sand Trap</i> via <i>Oil Gutter</i>	<i>Fruit Detector 3</i> aktif	Setelah <i>Step 58</i>
60	<i>Heater Sand Trap Tank</i> aktif (menghilangkan <i>sediment & solid impurities</i>) 90°C dan <i>Timer 10</i> aktif	Setelah <i>Step 59</i>	<i>Low Level Sand Trap Tank</i> aktif
60.1	Katup Pembuangan Pasir aktif (membuka) dan <i>Timer 11</i> aktif	<i>Timer Contactor 10</i> aktif	-
60.2	Katup Pembuangan Pasir nonaktif (menutup) dan <i>Timer 10</i> aktif	<i>Timer Contactor 11</i> aktif	Setelah <i>Step 61.1</i>
61	Motor <i>Oil Vibrating Screen</i> aktif dan minyak ditampung di <i>Crude Oil Tank (COT)</i>	<i>High Level Sand Trap Tank</i> aktif	Setelah <i>Step 60</i>
62	<i>Steam Coil Crude Oil Tank</i> aktif	<i>Low Level Crude Oil Tank</i> aktif	Setelah <i>Step 61</i>
63	<i>Desanding Pump</i> aktif dan <i>Desanding Cyclone</i> aktif dan minyak ditampung di <i>Continuous Settling Tank (CST)</i>	<i>High Level Crude Oil Tank</i> aktif	Setelah <i>Step 62</i>
64	<i>Decanter Feed Pump</i> aktif	<i>Sensor Level Collection Tank</i> aktif	Setelah <i>Step 63</i>

STEP	AKSI	SYARAT CUKUP	SYARAT PERLU
65	Motor <i>Decanter</i> aktif dan <i>Reclaimed Oil Pump</i> aktif	Sensor <i>Level Decanter Feed Tank</i> aktif	Setelah <i>Step</i> 64
66	<i>Vacuum Drier</i> aktif	Sensor <i>Level Low Vacuum Drier</i> aktif	Setelah <i>Step</i> 65
67	<i>Oil Transfer Pump</i> aktif	Sensor <i>High Level Vacuum Drier</i> aktif	Setelah <i>Step</i> 66
68	Menonaktifkan <i>Lori Feeder</i> (mundur)	Sensor <i>Level Oil Storage Tank</i>	Setelah <i>Step</i> 67

3.2. Perancangan *Petri Net*

Setelah melakukan identifikasi sistem pada *crude palm oil process* maka selanjutnya adalah melakukan perancangan *Petri net* untuk memodelkan sistem. Salah satu kelebihan melakukan pemodelan ini adalah dapat mendeskripsikan rancangan proses sehingga dapat mempermudah pembuatan program yang salah satunya adalah diagram *ladder*, dan yang terakhir adalah dapat digunakan untuk meninjau kesalahan dan melakukan perbaikan pada sistem sebelum program diimplementasikan.

3.2.1. Pengelompokan Komponen

Sebelum melakukan pemodelan akan lebih baik jika dilakukan pengelompokan komponen terlebih dahulu. Pada perancangan ini seluruh sensor dan input *memory/flag* direpresentasikan oleh *place*. Untuk aksi (*event*) dan aktuator (*output*) pada sistem direpresentasikan oleh *transition*. Seluruh pengelompokan tersebut dapat dilihat selengkapnya pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5.

Tabel 3.4. Pengelompokan Komponen *Place*

NO	NAMA	SIMBOL	NO	NAMA	SIMBOL
1	Tombol <i>Start</i>	PB_STA RT	85	<i>Memory Flag Step</i> 10.2.4	M10_2_4
2	<i>Lori Detector</i> 1	PX_LD1	86	<i>Memory Flag Step</i> 10.2.5	M10_2_5
3	<i>Lori Detector</i> 2	PX_LD2	87	<i>Memory Flag Step</i> 10.2.6	M10_2_6
4	<i>Lori Detector</i> 5	PX_LD5	88	<i>Memory Flag Step</i> 10.2.7	M10_2_7
5	<i>Pin Locking Line</i> <i>Maintenance</i> 1	PX_PLM 1	89	<i>Memory Flag Step</i> 11	M11

NO	NAMA	SIMBOL	NO	NAMA	SIMBOL
6	TBS Detector 2	TBS_DE T2	90	Memory Flag Step 12	M12
7	Limit Switch Low HGLR	LSH_HG LR	91	Memory Flag Step 13	M13
8	Limit Switch High HGLR	LSL_HG LR	92	Memory Flag Step 14	M14
9	Sensor Beban Scraper Conveyor	L_BSC	93	Memory Flag Step 15	M15
10	TBS Detector 1	TBS_DE T1	94	Memory Flag Step 16	M16
11	Pin Locking 1	PX_PL1	95	Memory Flag Step 17	M17
12	Lori Detector 3	PX_LD3	96	Memory Flag Step 18	M18
13	Mode Line Maintenance untuk TC1	SW1_ML M	97	Memory Flag Step 19	M19
14	Mode Line 2 untuk TC1	SW1_ML 2	98	Memory Flag Step 20	M20
15	Limit Switch Low Piston Hidrolik Line 1	LSL_HPL 1	99	Memory Flag Step 21	M21
16	Pin Locking 2 untuk TC1	PX_PL21	100	Memory Flag Step 22	M22
17	Lori Detector 4	PX_LD4	101	Memory Flag Step 23	M23
18	Lori Detector 6	PX_LD6	102	Memory Flag Step 24	M24
19	Lori Detector 7	PX_LD7	103	Memory Flag Step 25	M25
20	Lori Detector 8	PX_LD8	104	Memory Flag Step 26	M26
21	Lori Detector 9	PX_LD9	105	Memory Flag Step 27	M27
22	Mode Line Maintenance untuk TC2	SW2_ML M	106	Memory Flag Step 28	M28
23	Mode Line 3 untuk TC2	SW2_ML 3	107	Memory Flag Step 29	M29
24	Proximity End- Position Line 3	PX_EPL3	108	Memory Flag Step 30	M30
25	Proximity End- Position Line Maintenance	PX_EPL M	109	Memory Flag Step 31	M31
26	Proximity Start- Position Connecting Rail Bride 1	PX_SPC1	110	Memory Flag Step 32	M32
27	Proximity End- Position Connecting Rail Bride 1	PX_EPC1	111	Memory Flag Step 33	M33

NO	NAMA	SIMBOL	NO	NAMA	SIMBOL
28	<i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 2</i>	PX_SPC2	112	<i>Memory Flag Step 34</i>	M34
29	<i>Proximity End-Position Connecting Rail Bride 2</i>	PX_EPC2	113	<i>Memory Flag Step 35</i>	M35
30	Tombol Stop	PB_STOP	114	<i>Memory Flag Step 36</i>	M36
31	<i>High Level Digester Tank</i>	LH_DIG	115	<i>Memory Flag Step 37</i>	M37
32	<i>Pin Locking Line Maintenance 2</i>	PX_PLM2	116	<i>Memory Flag Step 38</i>	M38
33	<i>Pin Locking 2 untuk TC2</i>	PX_PL22	117	<i>Memory Flag Step 39</i>	M39
34	<i>Pin Locking 3</i>	PX_PL3	118	<i>Memory Flag Step 40 1</i>	M40_1
35	<i>Limit Switch 1</i>	LS_1	119	<i>Memory Flag Step 40.1.1</i>	M40_1_1
36	<i>Limit Switch 2</i>	LS_2	120	<i>Memory Flag Step 40.2</i>	M40_2
37	<i>Limit Switch 3</i>	LS_3	121	<i>Memory Flag Step 40.2.1</i>	M40_2_1
38	<i>Limit Switch 4</i>	LS_4	122	<i>Memory Flag Step 40.2.2</i>	M40_2_2
39	<i>Limit Switch High Tipper</i>	LS_5	123	<i>Memory Flag Step 40.2.3</i>	M40_2_3
40	<i>Limit Switch Low Tipper</i>	LS_6	124	<i>Memory Flag Step 40.2.4</i>	M40_2_4
41	<i>Pressure Transmitter 1 1</i>	PT1_1	125	<i>Memory Flag Step 40.2.5</i>	M40_2_5
42	<i>Pressure Transmitter 1 2</i>	PT1_2	126	<i>Memory Flag Step 40.2.6</i>	M40_2_6
43	<i>Pressure Transmitter 1 3</i>	PT1_3	127	<i>Memory Flag Step 40.2.7</i>	M50_2_7
44	<i>Pressure Transmitter 1 4</i>	PT1_4	128	<i>Memory Flag Step 41</i>	M41
45	<i>Pressure Transmitter 1 5</i>	PT1_5	129	<i>Memory Flag Step 42</i>	M42
46	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line 2</i>	LSL_HPL2	130	<i>Memory Flag Step 43</i>	M43
47	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line Maintenance 1</i>	LSL_HPLM1	131	<i>Memory Flag Step 44</i>	M44

NO	NAMA	SIMBOL	NO	NAMA	SIMBOL
48	Limit Switch Low Piston Hidrolik Line Maintenance 2	LSL_HPL M2	132	Memory Flag Step 45	M45
49	Limit Switch Low Piston Hidrolik Transfer Carriage 1	LSL_HPT C1	133	Memory Flag Step 46	M46
50	Limit Switch Low Piston Hidrolik Transfer Carriage 2	LSL_HPT C2	134	Memory Flag Step 47	M47
51	Low Level Sand Trap Tank	LL_STT	135	Memory Flag Step 48	M48
52	High Level Sand Trap Tank	HL_STT	136	Memory Flag Step 49	M49
53	Low Level Crude Oil Tank Tank	LL_COT	137	Memory Flag Step 50	M50
54	High Level Crude Oil Tank	HL_COT	138	Memory Flag Step 51	M51
55	Sensor Level Collection Tank	LCT	139	Memory Flag Step 52	M52
56	Sensor Beban Bunch Conveyor	L_BC	140	Memory Flag Step 53	M53
57	Fruit Detector 1	FD1	141	Memory Flag Step 54	M54
58	Sensor Beban Under Thresher Conveyor	L_UTC	142	Memory Flag Step 55	M55
59	Sensor Beban Fruit Elevator	L_FE	143	Memory Flag Step 56	M56
60	Sensor Beban Fruit Distributing Conveyor	L_FDC	144	Memory Flag Step 57	M57
61	Fruit Detector 2	FD2	145	Memory Flag Step 58	M58
62	Fruit Detector 3	FD3	146	Memory Flag Step 59	M59
63	Sensor Level Decanter Feed Tank	SLD	147	Memory Flag Step 60	M60
64	Sensor Level Low Vacuum Drier	SLVD	148	Memory Flag Step 61	M61
65	Sensor High Level Vacuum Drier	SHLVD	149	Memory Flag Step 62	M62
66	Sensor Level Oil Storage Tank	LOST	150	Memory Flag Step 63	M63
67	Limit Switch Low Lori Feeder	LSL_LF	151	Memory Flag Step 64	M64

NO	NAMA	SIMBOL	NO	NAMA	SIMBOL
68	<i>Memory Flag Step Initial</i>	MINIT	152	<i>Memory Flag Step 65</i>	M65
69	<i>Memory Flag Step 1</i>	M1	153	<i>Memory Flag Step 66</i>	M66
70	<i>Memory Flag Step 2</i>	M2	154	<i>Memory Flag Step 67</i>	M67
71	<i>Memory Flag Step 3</i>	M3	155	<i>Memory Flag Step 68</i>	M68
72	<i>Memory Flag Step 4</i>	M4	156	<i>Timer 1</i>	T1
73	<i>Memory Flag Step 5</i>	M5	157	<i>Timer 2</i>	T2
74	<i>Memory Flag Step 6</i>	M6	158	<i>Timer 3</i>	T3
75	<i>Memory Flag Step 7</i>	M7	159	<i>Timer 4</i>	T4
76	<i>Memory Flag Step 8</i>	M8	160	<i>Timer 5</i>	T5
77	<i>Memory Flag Step 9</i>	M9	161	<i>Timer 6</i>	T6
78	<i>Memory Flag Step 10</i>	M10	162	<i>Timer 7</i>	T7
79	<i>Memory Flag Step 10.1</i>	M10_1	163	<i>Timer 8</i>	T8
80	<i>Memory Flag Step 10.1.1</i>	M10_1_1	164	<i>Timer 9</i>	T9
81	<i>Memory Flag Step 10.2</i>	M10_2	165	<i>Timer 10</i>	T10
82	<i>Memory Flag Step 10.2.1</i>	M10_2_1	166	<i>Timer 11</i>	T11
83	<i>Memory Flag Step 10.2.2</i>	M10_2_2	167	<i>Auxiliary Place 1</i>	P_AUX1
84	<i>Memory Flag Step 10.2.3</i>	M10_2_3	168	<i>Auxiliary Place 2</i>	P_AUX2

Tabel 3.5. Pengelompokan Komponen *Transition*

NO	NAMA	SIMBOL	NO	NAMA	SIMBOL
1	<i>Step Initial</i>	INIT	48	<i>Sequence 38</i>	STEP38
2	<i>Sequence 1</i>	STEP1	49	<i>Sequence 39</i>	STEP39
3	<i>Sequence 2</i>	STEP2	50	<i>Sequence 40.1</i>	STEP40_1
4	<i>Sequence 3</i>	STEP3	51	<i>Sequence 40.1.1</i>	STEP40_1_1
5	<i>Sequence 4</i>	STEP4	52	<i>Sequence 40.2</i>	STEP40_2
6	<i>Sequence 5</i>	STEP5	53	<i>Sequence 40.2.1</i>	STEP40_2_1

NO	NAMA	SIMBOL	NO	NAMA	SIMBOL
7	Sequence 6	STEP6	54	Sequence 40.2.2	STEP40_2_2
8	Sequence 7	STEP7	55	Sequence 40.2.3	STEP40_2_3
9	Sequence 8	STEP8	56	Sequence 40.2.4	STEP40_2_4
10	Sequence 9	STEP9	57	Sequence 40.2.5	STEP40_2_5
11	Sequence 10.1	STEP10_1	58	Sequence 40.2.6	STEP40_2_6
12	Sequence 10.1.1	STEP10_1_1	59	Sequence 40.2.7	STEP40_2_7
13	Sequence 10.2	STEP10_2	61	Sequence 41	STEP41
14	Sequence 10.2.1	STEP10_2_1	62	Sequence 42	STEP42
15	Sequence 10.2.2	STEP10_2_2	63	Sequence 43	STEP43
16	Sequence 10.2.3	STEP10_2_3	64	Sequence 44	STEP44
17	Sequence 10.2.4	STEP10_2_4	65	Sequence 45	STEP45
18	Sequence 10.2.5	STEP10_2_5	66	Sequence 46	STEP46
19	Sequence 10.2.6	STEP10_2_6	67	Sequence 47	STEP47
20	Sequence 10.2.7	STEP10_2_7	68	Sequence 48	STEP48
21	Sequence 11	STEP11	69	Sequence 49	STEP49
22	Sequence 12	STEP12	70	Sequence 50	STEP50
23	Sequence 13	STEP13	71	Sequence 51	STEP51
24	Sequence 14	STEP14	72	Sequence 52	STEP52
25	Sequence 15	STEP15	73	Sequence 53	STEP53
26	Sequence 16	STEP16	74	Sequence 54	STEP54
27	Sequence 17	STEP17	75	Sequence 55	STEP55
28	Sequence 18	STEP18	76	Sequence 56	STEP56
29	Sequence 19	STEP19	77	Sequence 57	STEP57
30	Sequence 20	STEP20	78	Sequence 58	STEP58
31	Sequence 21	STEP21	79	Sequence 59	STEP59
32	Sequence 22	STEP22	80	Sequence 60	STEP60
33	Sequence 23	STEP23	81	Sequence 61	STEP61
34	Sequence 24	STEP24	82	Sequence 62	STEP62
35	Sequence 25	STEP25	83	Sequence 63	STEP63
36	Sequence 26	STEP26	84	Sequence 64	STEP64
37	Sequence 27	STEP27	85	Sequence 65	STEP65
38	Sequence 28	STEP28	86	Sequence 66	STEP66
39	Sequence 29	STEP29	87	Sequence 67	STEP67
40	Sequence 30	STEP30	88	Sequence 68	STEP68
41	Sequence 31	STEP31	89	Auxiliary Transition 1	T_AUX1
42	Sequence 32	STEP32	90	Auxiliary Transition 2	T_AUX2
43	Sequence 33	STEP33	91	Auxiliary Transition 3	T_AUX3

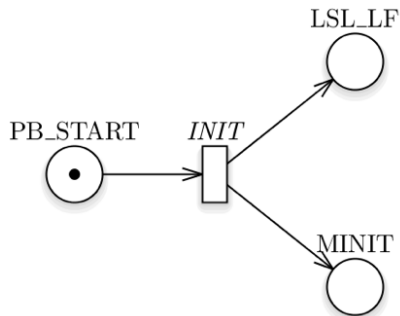
NO	NAMA	SIMBOL	NO	NAMA	SIMBOL
44	Sequence 34	STEP34	92	Auxiliary Transition 4	T_AUX4
45	Sequence 35	STEP35	93	Auxiliary Transition 5	T_AUX5
46	Sequence 36	STEP36	94	Auxiliary Transition 6	T_AUX6
47	Sequence 37	STEP37	95	Auxiliary Transition 7	T_AUX7

3.2.2. Perancangan Petri Net

Perancangan *Petri net* disesuaikan dengan urutan langkah yang telah dirancang untuk menjalankan *crude palm oil proses* dan dijelaskan pada Tabel 3.3. Perancangan model *Petri net crude palm oil process* akan dijelaskan dari langkah *initial* hingga langkah 10.2. Selengkapnya dapat dilihat pada bagian lampiran.

a) Langkah *Initial*

Langkah *initial* merupakan proses pertama yang mengawali *crude palm oil process* yang berfungsi untuk menonaktifkan *lori feeder* sehingga piston akan bergerak mundur. Langkah ini akan mengkatifkan *flag* MINIT sebagaimana pada Gambar 3.3.

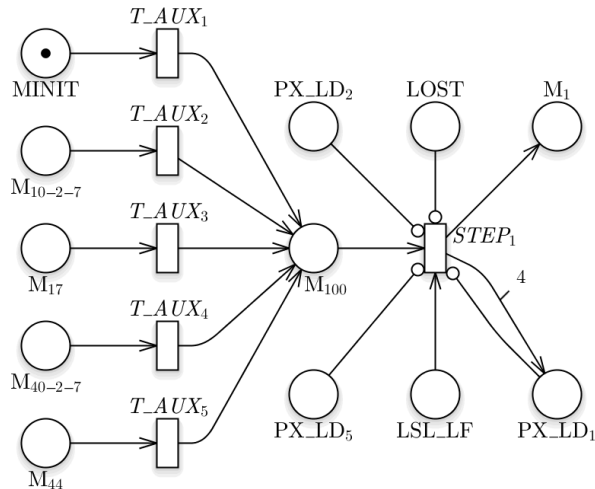


Gambar 3.3. PN *Initial*

b) Langkah 1

Ketika sistem sudah dalam keadaan *ready*, maka selanjutnya adalah langkah 1 yaitu *lori feeder* akan aktif mendorong *lori*. Langkah 1 (Gambar 3.4) akan aktif jika pada *line 1*, *line 2* dan *transfer carriage* tidak terdapat *lori*, *oil storage tank* tidak terisi penuh dan salah satu syarat cukup berikut terpenuhi yakni sistem sedang dalam keadaan

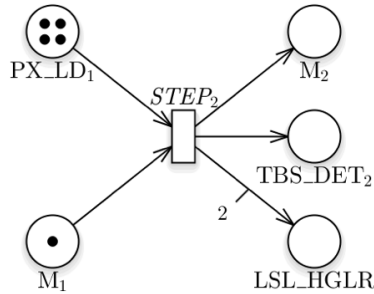
siap (*flag* MINIT), motor *transfer carriage* 1 telah kembali ke posisi awal setelah dari *line maintenance* (*flag* M10_2_7), motor *transfer carriage* 1 telah kembali ke posisi awal setelah dari *line* 2 (*flag* M17), motor *transfer carriage* 2 telah kembali ke posisi awal setelah dari *line maintenance* (*flag* M40_2_7), atau motor *transfer carriage* 2 telah kembali ke posisi awal setelah dari *line* 3 (*flag* M44 aktif). Jika salah satu dari syarat cukup tersebut aktif maka akan mengaktifkan *flag* M100. Kelima syarat cukup ini diperlukan agar *lori feeder* dapat mendorong *lori* tanpa harus menunggu proses berlangsung hingga akhir. Keempat syarat ini diperlukan agar tidak terjadi penumpukan *lori* di setiap *line* karena meskipun *flag* M100 telah aktif *lori feeder* tidak aktif jika terdapat *lori* di salah satu *line*. Jika langkah 1 aktif maka akan mengaktifkan *flag* M1.



Gambar 3.4. PN Langkah 1

c) Langkah 2

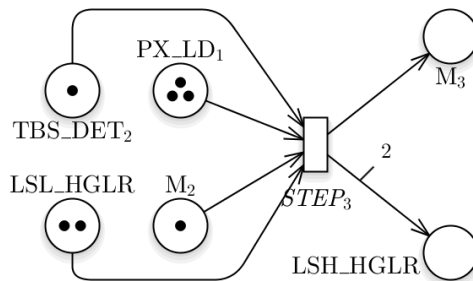
Jika langkah 1 terjadi (Gambar 3.4), maka *lori feeder* akan maju hingga menyentuh *proximity lori detector 1* (PX_LD1). Jika *proximity lori detector 1* (PX_LD1) tersentuh atau aktif dan *flag* M1 aktif maka akan memicu *transition* STEP2 untuk *firing* sehingga langkah 2 akan aktif. Langkah 2 (Gambar 3.5) adalah menghentikan pergerakan *lori feeder*. Jika langkah 2 aktif maka *flag* M2.



Gambar 3.5. PN Langkah 2

d) Langkah 3

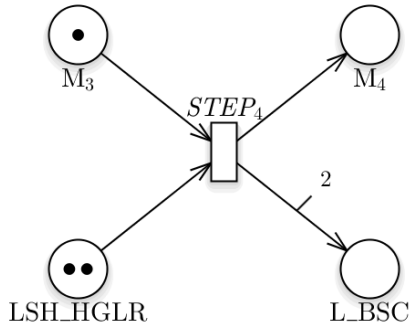
Pada langkah ketiga (Gambar 3.6), pintu hidrolik *loading ramp* akan membuka hingga menyentuh *limit switch high* pintu hidrolik *loading ramp* (LSH_HGLR). Langkah 3 akan aktif jika terdapat tandan buah segar pada *loading ramp* (TBS_DET2 aktif), terdapat lori di *line 1* (PX_LD1), *flag* M2 aktif, dan *limit switch low* pintu hidrolik *loading ramp* tersentuh (LSL_HGLR aktif). Jika langkah 3 aktif maka *flag* M3 akan aktif.



Gambar 3.6. PN Langkah 3

e) Langkah 4

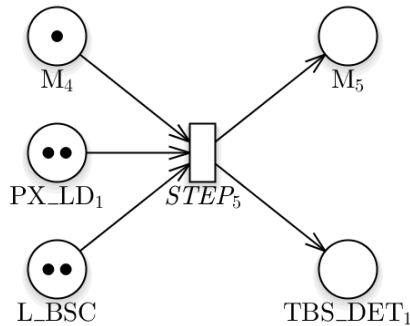
Langkah keempat (Gambar 3.7), ini akan dilakukan jika *limit switch high* pintu *loading ramp* aktif (LSH_HGLR) dan *flag* M3 aktif. Langkah 4 adalah menghentikan pergerakan pintu hidrolik *loading ramp*. Langkah 4 akan mengaktifkan *flag* M4 yang menandakan bahwa langkah 4 telah dilakukan.



Gambar 3.7. PN Langkah 4

f) Langkah 5

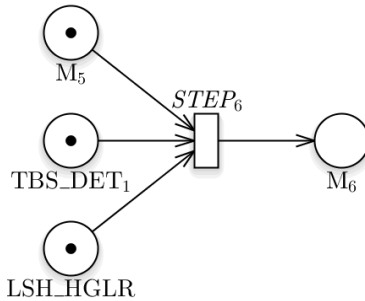
Untuk langkah 5 (Gambar 3.8), jika *proximity lori detector* (PX_LD1) aktif atau terdapat *lori* pada *line 1*, sensor beban *scrapper conveyor* (L_BSC) aktif dan *flag* M4 aktif. Jika ketiga *input* tersebut aktif maka *scrapper conveyor* akan aktif dan *flag* M5 akan aktif.



Gambar 3.8. PN Langkah 5

g) Langkah 6

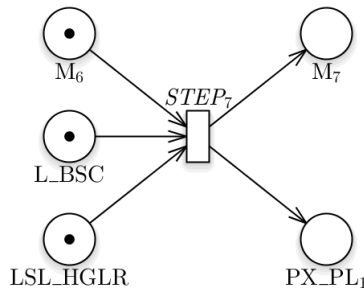
Langkah 6 (Gambar 3.9) akan dilakukan jika *flag* M5 aktif, *lori* sudah terisi penuh (TBS_DET1 aktif), dan pintu *limit switch high* pintu *loading ramp* aktif. Langkah 6 adalah *scrapper conveyor* berhenti dan pintu hidrolik *loading ramp* aktif (menutup).



Gambar 3.9. PN Langkah 6

h) Langkah 7

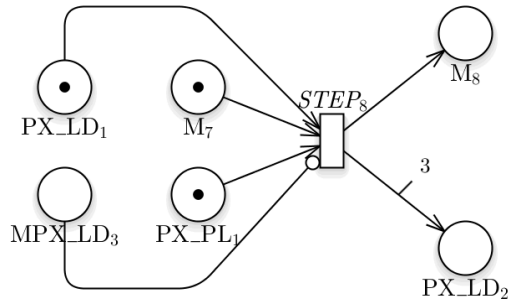
Langkah 7 (Gambar 3.10) merupakan aksi untuk menghentikan pintu hidrolik *loading ramp*. Langkah 7 akan aktif jika *transition STEP7 firing*. *Transition STEP7 firing* jika langkah 6 telah dilakukan (*flag M6 aktif*), sensor beban pada *scraper conveyor* (*L_BSC*) aktif, dan *limit switch low* pintu *loading ramp* (*LSL_HGLR*) aktif. Langkah 7 akan mengaktifkan *flag M7*.



Gambar 3.10. PN Langkah 7

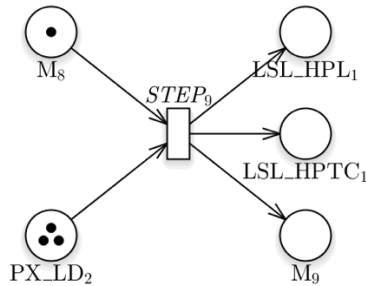
i) Langkah 8

Langkah 8 (Gambar 3.11) berfungsi untuk mengaktifkan piston hidrolik *line 1* untuk maju. Langkah 8 aktif jika *proximity line detector 1* (*PX_LD1*) aktif, *flag M8* aktif, *proximity pin locking* (*PX_PL1*) aktif dan tidak terdapat lori pada *line 3* atau *relay proximity lori detector 3* (*MPX_LD3*) tidak aktif. Setelah langkah 8 aktif maka *flag M8*.



Gambar 3.11. PN Langkah 8

j) Langkah 9



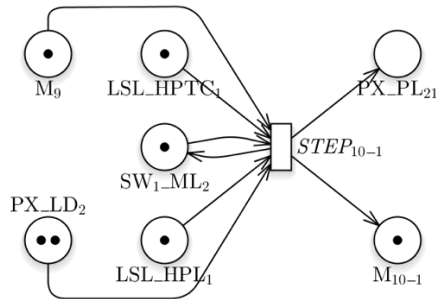
Gambar 3.12. PN Langkah 9

Setelah piston hidrolik *line 1* maju pada langkah 6, maka langkah selanjutnya adalah menonaktifkan piston hidrolik *line 1* untuk mundur dengan membuat *firing transition* STEP 9 (Gambar 3.12). Langkah 9 akan aktif jika *proximity line detector 2* aktif atau dapat diartikan *lori* telah mencapai *line* pada *transfer carriage*. Pada langkah ini terdapat percabangan untuk proses selanjutnya yaitu apakah proses akan dilanjutkan ke langkah 10.1 atau ke langkah 10.2.

k) Langkah 10.1

Langkah 10.1 (Gambar 3.13), merupakan langkah untuk mengaktifkan motor *transfer carriage 1* untuk maju menuju *line 2*. Langkah 10.1 akan aktif jika piston hidrolik *transfer carriage 1* dan piston *line 1* telah mundur hingga posisi awal, langkah 6 telah dilakukan, selain itu juga terdapat *lori* pada *transfer carriage 1* dan

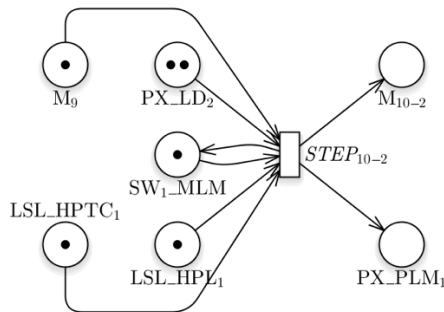
switch 1 aktif untuk mode *line* 2. Arc dua arah menghubungkan antara SW1_ML2 dengan STEP10_1 untuk mengembalikan *token* ke *place* SW1_ML2 saat *transition* STEP10_1 aktif dan juga sebagai representasi dari *switch* 1 yang tetap aktif meski langkah 10.1 telah tidak aktif.



Gambar 3.13. PN Langkah 10.1

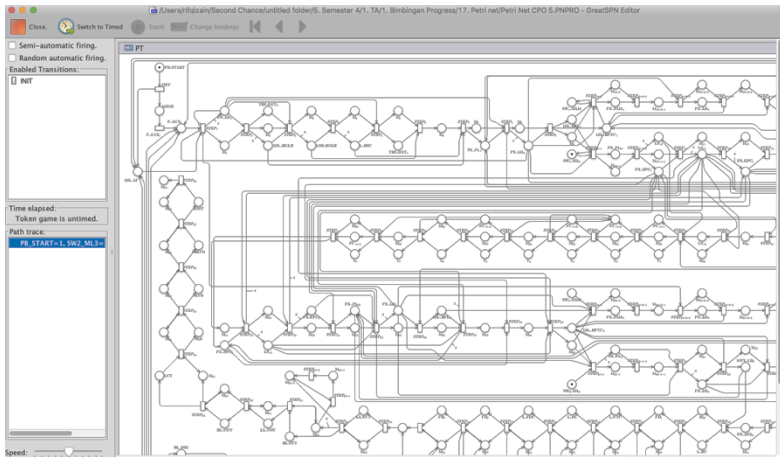
1) Langkah 10.2

Langkah 10.2 (Gambar 3.14) merupakan langkah untuk mengaktifkan motor *transfer carriage* 1 untuk maju menuju *line maintenance*. Langkah ini diperlukan jika terjadi kesalahan pada suatu proses maka tandan buah segar tidak akan diteruskan untuk diproses. Langkah ini 10.2 akan aktif jika *flag* M9 aktif, *limit switch low* pada piston *line* 1 dan *transfer carriage* aktif, *lori detector* pada *line* 2 aktif dan *switch* 1 aktif untuk mode *maintenance*.



Gambar 3.14. PN Langkah 10.2

Setiap langkah telah dimodelkan ke dalam model *Petri net* dan telah disimulasikan dengan bantuan *software simulator* (Great SPN2.0 Editor) bahwa proses dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini dibuktikan dengan *token* berhasil melalui seluruh tahap *firing* setiap *transition*. Tahap selanjutnya adalah melakukan penggabungan seluruh bagian model *Petri net* menjadi satu kesatuan sehingga proses simulasi dapat dilakukan secara menyeluruh dan terintegrasi dimulai dari proses awal hingga proses terakhir sebagaimana pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15. Proses Simulasi Model *Petri Net* secara Menyeluruh

3.3. Pengalaman Komponen

Setelah membuat perancangan atau model sistem dengan menggunakan metode *Petri net*, selanjutnya adalah melakukan konversi hasil perancangan ke dalam bentuk diagram *ladder*. Langkah ini diperlukan agar sistem yang sudah dimodelkan dapat diterapkan pada pemrograman PLC yang digunakan untuk melakukan pengujian *crude palm oil process*.

Namun sebelum itu, perlu dilakukan terlebih dahulu pengalaman setiap sensor dan aktuator yang digunakan pada *crude palm oil process*. Tabel 3.6 memuat seluruh informasi terkait dengan pengalaman pada PLC OMRON CQM1.

Tabel 3.6. Pengalamatan *Input* dan *Output*

NO	ALAMAT	NAMA	NO	ALAMAT	NAMA	TIPE
1	0.00	PB START	41	AR5.03	XPX LD5	INPUT
2	0.01	PX LD1	42	AR5.04	XPX PLM1	
3	0.02	PX LD2	43	AR5.05	XTBS DET2	
4	0.03	PX LD5	44	AR5.06	XLSH HGLR	
5	0.04	PX PLM1	45	AR5.07	XLSL HGLR	
6	0.05	TBS DET2	46	AR5.08	XL BSC	
7	0.06	LSH HGLR	47	AR5.09	XTBS DET1	
8	0.07	LSL HGLR	48	AR5.10	XPX PL1	
9	0.08	L BSC	49	AR5.11	XPX LD3	
10	0.09	TBS DET1	50	AR5.12	XSW1 MLM	
11	0.10	PX PL1	51	AR5.13	XSW1 ML2	
12	0.11	PX LD3	52	AR5.14	XLSL HPL1	
13	0.12	SW1 MLM	53	AR5.15	XPX PL21	
14	0.13	SW1 ML2	54	AR6.15	MPB STOP	
15	0.14	LSL HPL1	55	AR6.01	SLD	
16	0.15	PX PL21	56	AR6.02	SLVD	
17	AR1.00	PX LD4	57	AR6.03	SHLVD	
18	AR1.01	PX LD6	58	AR6.04	LOST	
19	AR1.02	PX LD7	59	AR6.05	LSL LF	
20	AR1.03	PX LD8	60	AR2.08	PT1 1	
21	AR1.04	PX LD9	61	AR2.09	PT1 2	
22	AR1.05	SW2 MLM	62	AR2.10	PT1 3	
23	AR1.06	SW2 ML3	63	AR2.11	PT1 4	
24	AR1.07	PX EPL3	64	AR2.12	PT1 5	
25	AR1.08	PX EPLM	65	AR2.13	LSL HPL2	
26	AR1.09	PX SPC1	66	AR2.14	LSL HPLM1	
27	AR1.10	PX EPC1	67	AR2.15	LSL HPLM2	
28	AR1.11	PX SPC2	68	AR3.00	LSL HPTC1	
29	AR1.12	PX EPC2	69	AR3.01	LSL HPTC2	
30	AR1.14	LH DIG	70	AR3.02	LL STT	
31`	AR1.15	PX PLM2	71	AR3.03	HL STT	
32	AR2.00	PX PL22	72	AR3.04	LL COT	
33	AR2.01	PX PL3	73	AR3.05	HL COT	
34	AR2.02	LS 1	74	AR3.06	LCT	
35	AR2.03	LS 2	75	AR3.07	L BC	
36	AR2.04	LS 3	76	AR3.08	FD1	
37	AR2.05	LS 4	77	AR3.09	L UTC	
38	AR2.06	LS 5	78	AR3.10	L FE	
39	AR2.07	LS 6	79	AR3.11	L FDC	
40	AR5.00	XPB START	80	AR3.12	FD2	
41	AR5.01	XPX LD1	81	AR3.13	FD3	
42	AR5.02	XPX LD2				

NO	ALAMAT	NAMA	NO	ALAMAT	NAMA	TIPE
1	100.00	HP LF	21	101.04	BNC CONV	OUTPUT
2	100.01	HGLR	22	101.05	M THR	
3	100.02	SCP CONV	23	101.06	UTHR CONV	
4	100.03	HP L1	24	101.07	FRELV	
5	100.04	M TC1	25	101.08	FDC	
6	100.05	HP LM1	26	101.09	M BSD	
7	100.06	HP LM2	27	101.10	M SP	
8	100.07	HP L2	28	101.11	ST	
9	100.08	HP L3	29	101.12	M VS	
10	100.09	HP TC1	30	101.13	DP	
11	100.10	HP TC2	31	101.14	DC	
12	100.11	M TC2	32	101.15	DEC FP	
13	100.12	SC FD	33	102.00	M DEC	
14	100.13	CRB1	34	102.01	REC OP	
15	100.14	CONV	35	102.02	VD	
16	100.15	STIN VALVE	36	102.03	OTP	
17	101.00	EX VALVE	37	102.04	KPP	
18	101.01	SC BD	38	102.05	SCCOT	
19	101.02	CRB2	39	102.06	STV DIG	
20	101.03	M TPPLR	40	102.07	OP	

3.4. Pemrograman Diagram *Ladder*

Pada tahap ini, proses konstruksi diagram *ladder* dilakukan berdasarkan rancangan model *Petri net*. Hal ini dilakukan untuk membantu logika berpikir dalam merancang urutan langkah pada pembuatan diagram *ladder*.

3.4.1. Proses Konstruksi Diagram *Ladder*

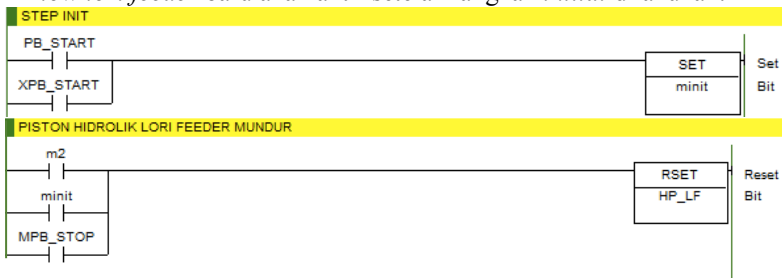
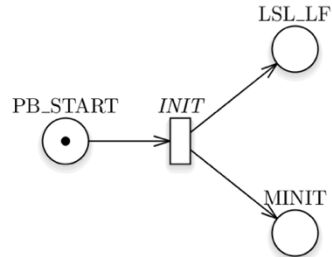
Berdasarkan aturan konversi yang telah dijelaskan pada tinjauan pustaka, proses konversi model *Petri net* ke dalam bentuk diagram *ladder* dapat dilakukan pada tiap *transition* atau satu langkah yang ada pada *crude palm oil process*. Terdapat beberapa batasan pada konstruksi diagram *ladder* ini yaitu penambahan *input* HMI dan tombol *stop* yang tidak dimodelkan dengan metode *Petri net*. Batasan tersebut bertujuan untuk mempermudah proses konstruksi diagram *ladder*.

Input HMI merupakan alamat memori pada PLC yang digunakan oleh HMI sebagai tombol sehingga simulasi dapat dilakukan melalui tampilan HMI pada komputer. Konstruksi diagram *ladder* untuk penambahan *input* HMI dapat dilakukan dengan merangkainya secara paralel dengan alamat *input* pada PLC. Untuk membedakan antara input pada HMI dengan input pada PLC OMRON CQM1, nama atau label *input*

HMI diawali dengan huruf “X”. Selain itu, terdapat pula logika *stop* yang diperlukan untuk menghentikan setiap proses yang sedang berlangsung , mengembalikan seluruh aktuatur ke posisi awal dan melakukan *reset* pada seluruh memori PLC.

a) Langkah *Initial*

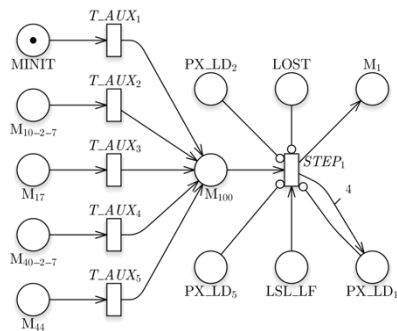
Pada langkah *initial* (Gambar 3.16) terdapat sebuah tombol *start* yang berfungsi untuk mengaktifkan memori atau *flag* *minit*. Sehingga kontak *minit* akan mengaktifkan fungsi *reset* HP_LF sehingga piston *lori feeder* akan mundur. Sedangkan LSL_LF tidak dimasukkan ke dalam diagram *ladder* karena *limit switch low lori feeder* baru akan aktif setelah langkah *initial* dilakukan.



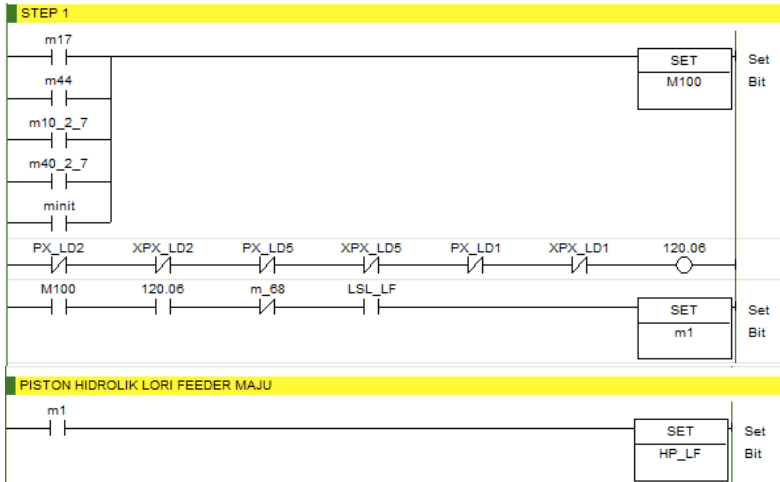
Gambar 3.16. Rung Langkah *Initial*

b) Langkah 1

Dalam *rung* langkah 1 (Gambar 3.17) ini terdapat lima buah kontak yang berlogika OR sebagai syarat cukup untuk langkah 1. Salah satu dari lima kontak tersebut akan mengaktifkan koil *relay* M100. Kemudian M100 dirangkai seri dengan kontak *normally close* PX_LD1, PX_LD2, PX_LD5 dan kontak *normally open*



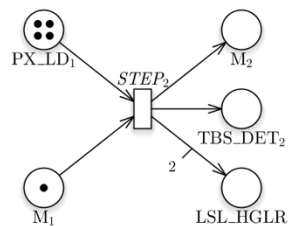
LSL_LF. Pada diagram *ladder* terdapat memori 120.05 sebagai *relay* karena keterbatasan pada *software* CX Programmer yang hanya mampu memuat maksimal 6 buah kontak pada suatu *rung*.

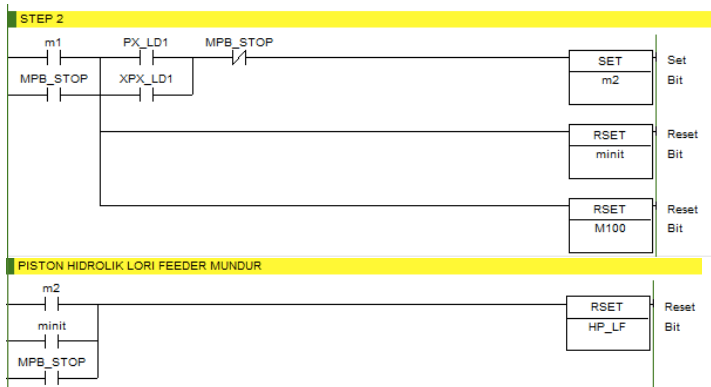


Gambar 3.17. Rung Langkah 1

c) Langkah 2

Rung langkah 2 (Gambar 3.18) terdiri dari 7 buah kontak *normally open* yaitu kontak *flag* m1, kontak *flag* m2, dua buah tombol *stop* untuk melakukan *reset* pada sistem, kontak *minit*, dan dua buah *push button* berlogika OR yakni PX_LD1 dan XPX_LD1 yang akan mengaktifkan mengaktifkan koil *relay* berupa fungsi SET m2. Kemudian kontak m2 akan melakukan *reset* solenoid HP_LF. Pada saat kontak m1 aktif juga akan mereset koil *relay* minit dan koil *relay* m100. Kontak minit merupakan kontak untuk langkah *initial* sehingga tidak termasuk pada model *Petri net* langkah 2 ini.

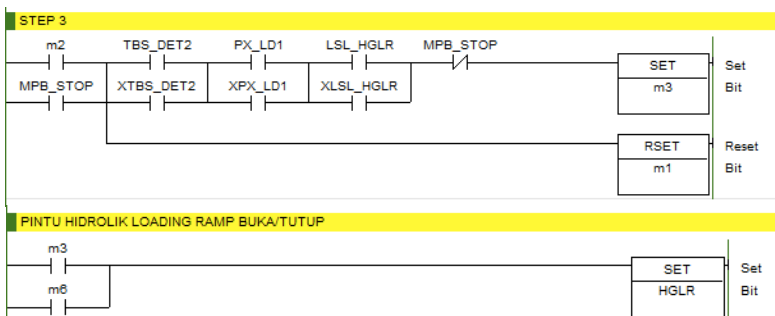
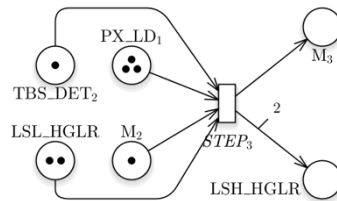




Gambar 3.18. Rung Langkah 2

d) Langkah 3

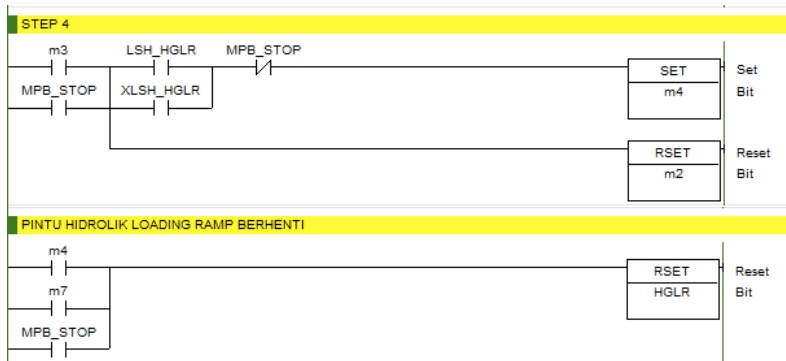
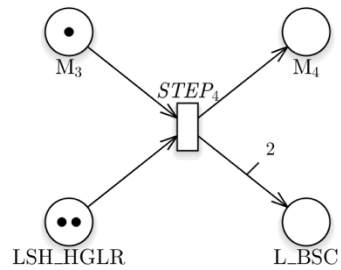
Pada *rung* langkah 3 (Gambar 3.19) terdapat 10 kontak *normally open* dan 2 buah kontak *normally close*. Jika kontak *flag* m2, TBS_DET2, atau XTBS_DET2, PX_LD1 atau XPX_LD1, LSL_HGLR atau XLSL_HGLR aktif maka fungsi SET m3 akan aktif kemudian akan diteruskan untuk SET HGLR sehingga pintu *loading ramp* akan terbuka. Kontak *flag* m6 tidak dimasukkan ke dalam model *Petri net* karena kontak tersebut dihasilkan oleh model *Petri net* langkah ke-6.



Gambar 3.19. Rung Langkah 3

e) Langkah 4

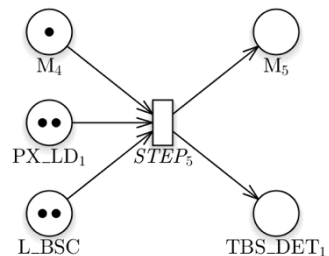
Pada *rung* langkah 4 (Gambar 3.20) terdapat kontak m3 dan kontak *limit switch* pintu hidrolik *loading ramp* (LSH_HGLR atau XLSH_HGLR) yang akan mengaktifkan koil *relay* m4 dan *reset* koil *relay* m2. Aksi pada langkah 4 ini adalah menonaktifkan piston *loading ramp* sehingga pintu *loading ramp* akan berhenti pada posisi terbuka.

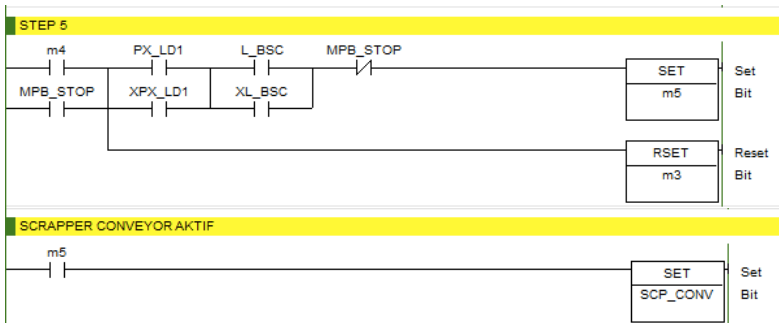


Gambar 3.20. Rung Langkah 4

f) Langkah 5

Pada *rung* langkah 5 (Gambar 3.21), jika kontak m4 aktif, maka akan melakukan *reset* koil *relay* m3. Kemudian jika kontak m4 aktif, *lori detector* 1 aktif (PX_LD1 atau XPX_LD1) dan sensor beban *scraper conveyor* aktif (L_BSC atau XL_BSC) maka akan mengaktifkan koil *relay* m5 yang kemudian kontak m5 akan mengaktifkan SET SCP_CONV.

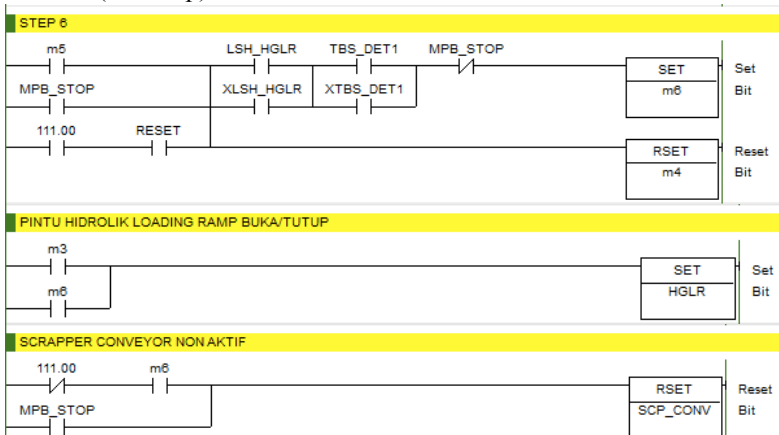
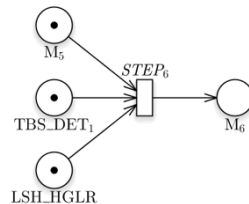




Gambar 3.21. Rung Langkah 5

g) Langkah 6

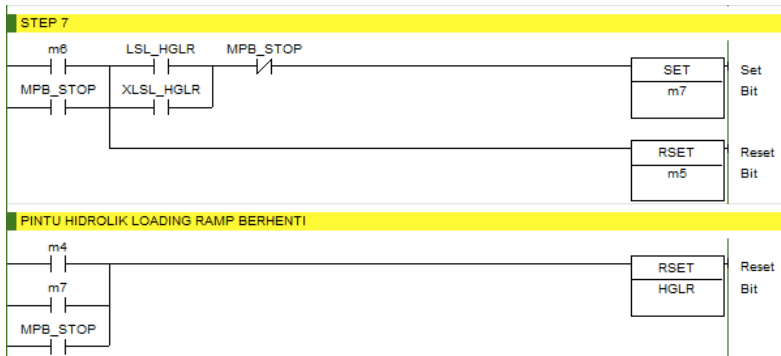
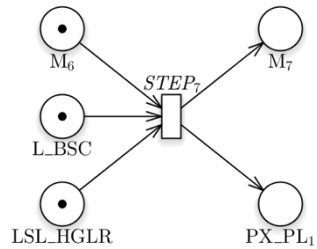
Rung langkah 6 (Gambar 3.22) akan dilakukan saat *flag* M5 aktif, lori sudah terisi penuh (TBS_DET1 atau XTBS_DET1 aktif), dan *limit switch high* pintu *loading ramp* aktif (LSL_HGLR atau XLSL_HGLR). Aksi dari langkah 6 adalah *scrapper conveyor* berhenti dan pintu hidrolik *loading ramp* aktif (menutup).



Gambar 3.22. Rung Langkah 6

h) Langkah 7

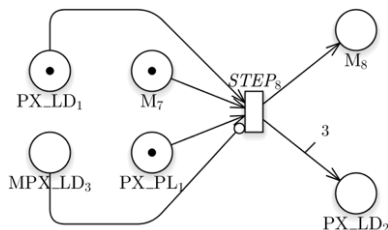
Rung langkah 7 (Gambar 3.23) merupakan *rung* untuk menghentikan pintu hidrolik *loading ramp*. Terdapat kontak m6 dan tombol *stop* yang jika salah satunya aktif akan melakukan *reset* koil *relay* m5. Kemudian jika kontak *flag* m6 aktif dan *limit switch* pintu hidrolik *loading ramp* aktif (LSL_HGLR atau XLSL_HGLR) maka koil *relay* SET m7 akan aktif sehingga kontak m7 akan melakukan *reset* HGLR.

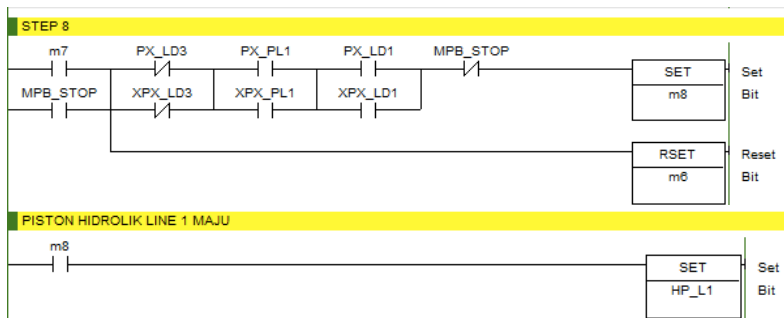


Gambar 3.23. *Rung* Langkah 7

i) Langkah 8

Rung langkah 8 (Gambar 3.24) adalah *rung* untuk mengaktifkan piston hidrolik *line 1*. Terdapat kontak *flag* m7 dan tombol *stop* yang jika salah satunya aktif akan mereset koil *relay* m6. Jika kontak m7 aktif, tidak terdapat *lori* pada *line 2* (MPX_LD3 tidak aktif), *pin locking 1* aktif dan terdapat *lori* pada *line 1* (PX_LD1 aktif) maka koil *relay* SET m8 akan aktif sehingga kontak m8 akan mengaktifkan koil *relay* HP_L1.

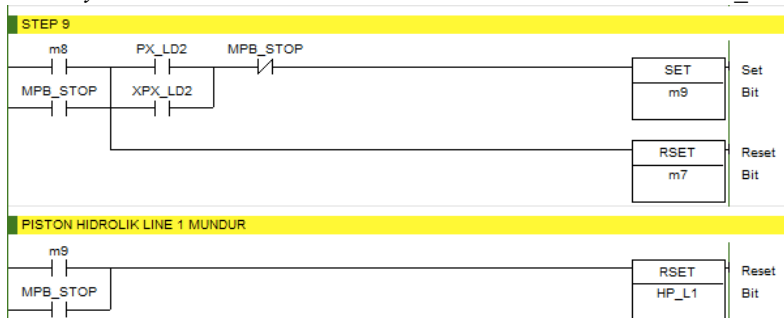
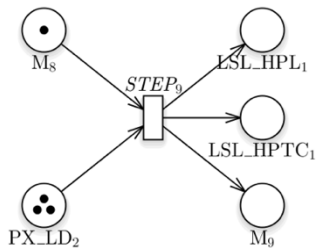




Gambar 3.24. Rung Langkah 8

j) Langkah 9

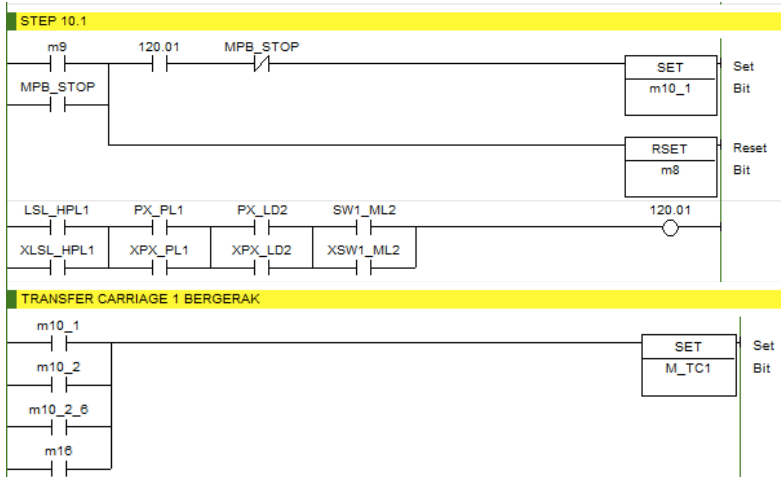
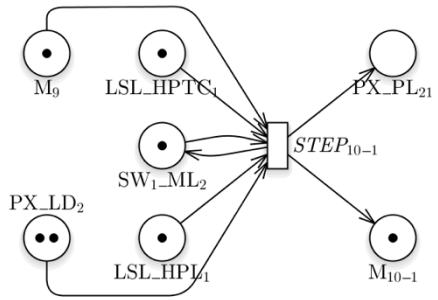
Rung langkah 9 (Gambar 3.25) merupakan rung untuk menonaktifkan piston hidrolik line 1 agar mundur kembali ke posisi semula. Terdapat kontak m8 dan tombol stop jika salah satunya aktif akan mereset koil relay m7. Kemudian jika kontak m8 aktif dan terdapat lori pada line transfer carriage (PX_LD2 aktif) maka koil relay SET m9 akan aktif dan kontak m9 akan melakukan reset HP_L1.



Gambar 3.25. Rung Langkah 9

k) Langkah 10.1

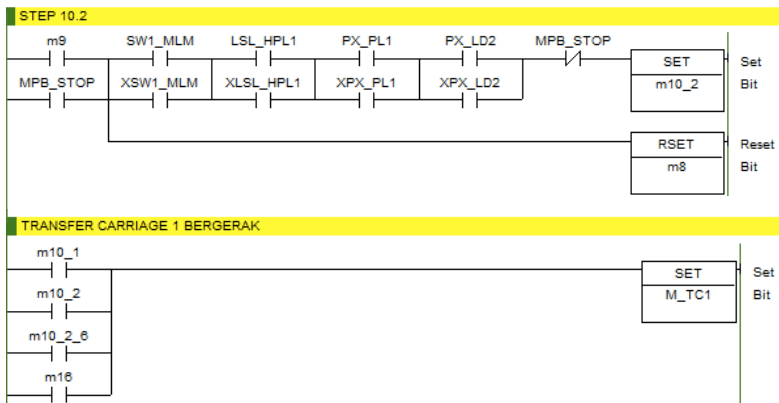
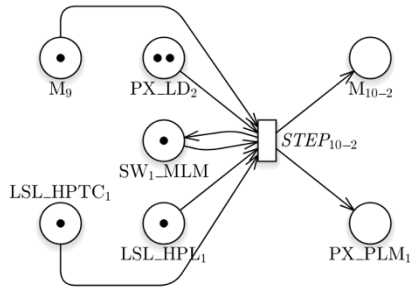
Rung langkah 10.1 (Gambar 3.26) merupakan *rung* untuk menggerakkan motor *transfer carriage* 1 menuju *line* 2. Terdapat kontak m9 dan tombol *stop* yang jika salah satunya aktif akan melakukan *reset* koil *relay* m8. Kemudian jika kontak *flag* m9 aktif dan kontak 120.01 aktif maka koil *relay* SET m10.1 akan aktif sehingga kontak m10.1 akan mengaktifkan SET M_TC1.



Gambar 3.26. *Rung* Langkah 10.1

1) Langkah 10.2

Rung langkah 10.2 (Gambar 3.27) adalah *rung* untuk menggerakkan *transfer carriage* 2 menuju *line maintenance*. Terdapat kontak m9 dan tombol *stop* yang jika salah satunya aktif akan melakukan *reset* koil *relay* m8. Kemudian jika kontak m9 aktif, *switch* 1 aktif mode *maintenance*, PX_LD2 aktif, piston hidrolik *transfer carriage* 1 dan piston hidrolik *line* 1 telah berada di posisi awal maka koil *relay* SET m10_2 akan aktif sehingga kontak m10_2 akan mengaktifkan SET M_TC1.

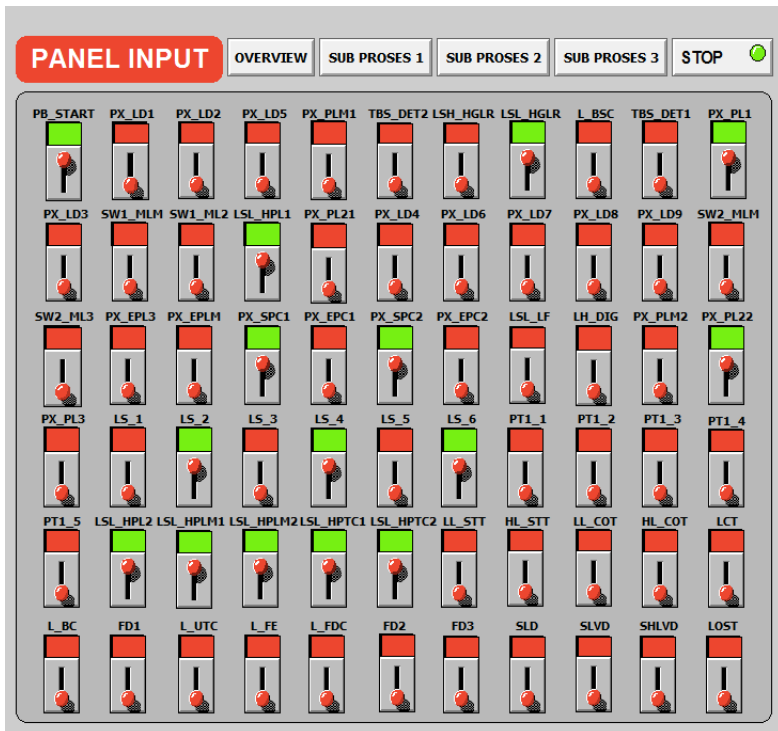


Gambar 3.27. *Rung* Langkah 10.2

Proses konstruksi diagram *ladder* menghasilkan 198 *rung* (120 *rung proses* dan 78 *rung output*), 11 buah *timer*, dan 81 *flag memori*. Setelah konstruksi diagram *ladder*, selanjutnya dilakukan proses simulasi pada HMI dan jika masih terdapat kesalahan atau *error*, model proses pada *Petri net* dapat ditinjau kembali dan dijadikan acuan dalam melakukan perbaikan.

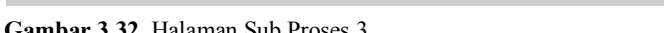
3.5. Perancangan HMI

Setelah berhasil melakukan konversi diagram *ladder*, tahap selanjutnya adalah melakukan perancangan *Human Machine Interface* (HMI) untuk memberi gambaran berupa visualisasi dari *crude palm oil process*. Visualisasi HMI ini juga diperlukan untuk melihat keadaan (*state*) sistem saat melakukan pengujian simulasi sistem. Tampilan HMI dirancang menjadi lima halaman yaitu halaman *overview*, sub proses 1, sub proses 2, sub proses 3 dan panel tombol.



Gambar 3.28. Halaman Panel Input

Halaman panel *input* (Gambar 3.28) merupakan merupakan kumpulan seluruh sensor dan tombol yang digunakan pada *crude palm oil process*. Pada panel *input*, pengguna dapat mengontrol kerja sensor sehingga simulasi proses dapat dilakukan secara bertahap.



Halaman sub proses 3 merupakan gambaran proses pemurnian, pengeringan dan penyimpanan *crude palm oil*. Halaman sub proses ini diperlukan karena proses pemurnian *crude palm oil* dilakukan dengan beberapa tahapan sehingga dengan adanya halaman sub proses 3 akan mempermudah mengamati simulasi dari proses yang sedang berjalan.

BAB 4

PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian dan analisa dilakukan setelah konstruksi diagram *ladder* melalui proses koversi model *Petri net* selesai dilakukan. Hal tersebut bertujuan untuk memudahkan proses analisa dan melihat sistem *crude palm oil process* secara keseluruhan

4.1. Proses Pengujian

Pada proses pengujian ini diuji urutan langkah dari diagram *ladder crude palm oil process* yang telah dirancang dengan menggunakan metode *Petri net*. Kesesuaian langkah dan waktu simulasi menjadi parameter utama dalam tahap pengujian ini.

4.1.1. Pengalamatan pada OPC

Agar HMI dengan bantuan *software* Wonderware dapat mengakses data pada PLC OMRON CQM1, maka diperlukan pendefinisian alamat pada OPC terlebih dahulu. Pengalamatan pada OPC disesuaikan dengan alamat yang terdapat pada PLC OMRON CQM1 baik alamat *input*, *output*, *timer* dan *relay*. Pada pengalamatan OPC semua alamat *input* dan *output* pada PLC akan dialamatkan sebagai *internal relay* (IR) sedangkan memori internal pada PLC dialamatkan sebagai *auxiliary relay* (AR).

Tabel 4.1. Pengalamatan pada OPC

NO	NAMA	ALAMAT	NO	NAMA	ALAMAT
1	BNC CONV	IR101.04	113	m45	IR106.14
2	CAPS1	IR100.13	114	m46	IR106.15
3	CAPS2	IR101.02	115	m47	IR107.00
4	CONV	IR100.14	116	m48	IR107.01
5	DC	IR101.14	117	m49	IR107.02
6	DEC FP	IR101.15	118	m5	IR103.04
7	DP	IR101.13	119	m50	IR107.03
8	EX VALVE	IR101.00	120	m51	IR107.04
9	FD1	AR003.08	121	m52	IR107.05
10	FD2	AR003.12	122	m53	IR107.06
11	FD3	AR003.13	123	m54	IR107.07
12	FDC	IR101.08	124	m55	IR107.08
13	FRELV	IR101.07	125	m56	IR107.09
14	HGLR	IR100.01	126	m57	IR107.10
15	HL COT	AR003.05	127	m58	IR107.11
16	HL STT	IR000.04	128	m59	IR107.12

NO	NAMA	ALAMAT	NO	NAMA	ALAMAT
17	HP L1	IR100.03	129	m6	IR103.05
18	HP L2	IR100.07	130	m60	IR107.13
19	HP L3	IR100.08	131	m60_1	IR108.06
20	HP LF	IR100.00	132	m60_2	IR108.07
21	HP LM1	IR100.05	133	m61	IR107.14
22	HP LM2	IR100.06	134	m62	IR107.15
23	HP TC1	IR100.09	135	m63	IR108.00
24	HP TC2	IR100.10	136	m64	IR108.01
25	KPP	IR102.04	137	m65	IR108.02
26	L BC	AR003.07	138	m66	IR108.03
27	L BSC	IR000.08	139	m67	IR108.04
28	L FDC	AR003.11	140	m7	IR103.06
29	L FE	AR003.10	141	m8	IR103.07
30	L UTC	AR003.09	142	m9	IR103.08
31	LCT	AR003.06	143	minit	IR108.05
32	LL COT	AR003.04	144	ML STT	AR003.03
33	LL STT	AR003.02	145	MPX LD3	IR108.08
34	LS 1	AR002.02	146	MPX LD6	IR108.09
35	LS 2	AR002.03	147	OTP	IR102.03
36	LS 3	AR002.04	148	PB START	IR000.00
37	LS 4	AR002.05	149	PB STOP	IR000.15
38	LS 5	AR002.06	150	PT1 1	AR002.08
39	LS 6	AR002.07	151	PT1 2	AR002.09
40	LSH HGLR	IR000.06	152	PT1 3	AR002.10
41	LSL HGLR	IR000.07	153	PT1 4	AR002.11
42	LSL HPL1	IR000.14	154	PT1 5	AR002.12
43	LSL HPL2	AR002.13	155	PX EPC1	AR001.10
44	LSL HPLM1	AR002.14	156	PX EPC2	AR001.12
45	LSL HPLM2	AR002.15	157	PX EPL3	AR001.07
46	LSL HPTC1	AR003.00	158	PX EPLM	AR001.08
47	LSL HPTC2	AR003.01	159	PX LD1	IR000.01
48	M BSD	IR101.09	160	PX LD2	IR000.02
49	M DEC	IR102.00	161	PX LD3	IR000.11
50	M SP	IR101.10	162	PX LD4	AR001.00
51	M TC1	IR100.04	163	PX LD5	IR000.03
52	M TC2	IR100.11	164	PX LD6	AR001.01
53	M THR	IR101.05	165	PX LD7	AR001.02
54	M TPPLR	IR101.03	166	PX LD8	AR001.03
55	M VS	IR101.12	167	PX LD9	AR001.04
56	m1	IR103.00	168	PX PL1	IR000.10
57	m10_1	IR103.09	169	PX PL21	AR001.13
58	m10_1_1	IR103.10	170	PX PL22	AR002.00
59	m10_2	IR103.11	171	PX PL3	AR002.01
60	m10_2_1	IR103.12	172	PX PLM1	AR001.14
61	m10_2_2	IR103.13	173	PX PLM2	AR001.15

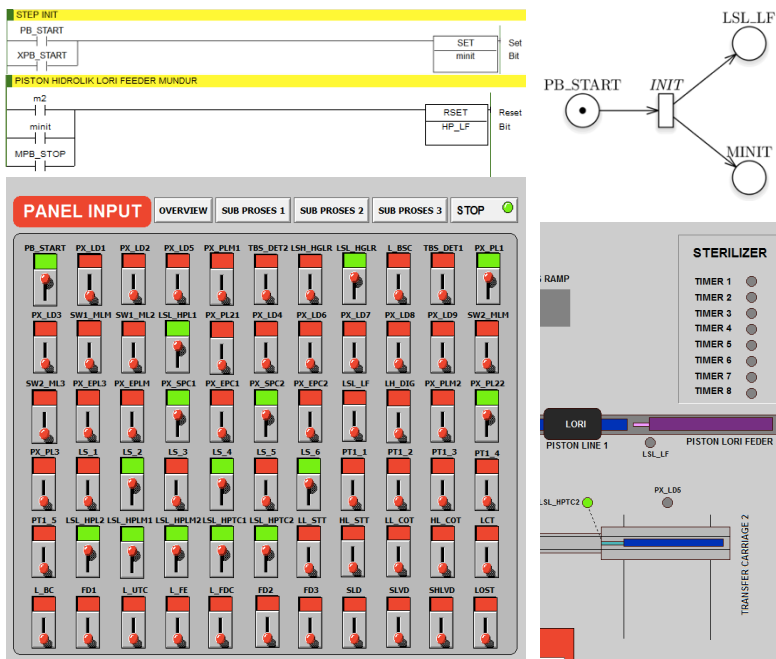
NO	NAMA	ALAMAT	NO	NAMA	ALAMAT
62	m10 2 3	IR103.14	174	PX SPC1	AR001.09
63	m10 2 4	IR103.15	175	PX SPC2	AR001.11
64	m10 2 5	IR104.00	176	REC OP	IR102.01
65	m10 2 6	IR104.01	177	RESET	AR007.01
66	M10 2 7	IR104.02	178	RHL STT	AR006.04
67	m11	IR104.03	179	RL BSC	AR006.08
68	m12	IR104.04	180	RLSH HGLR	AR006.06
69	m13	IR104.05	181	RLSL HGLR	AR006.07
70	m14	IR104.06	182	RLSL HPL1	AR006.14
71	m15	IR104.07	183	RPB START	AR006.00
72	m16	IR104.08	184	RPB STOP	AR006.15
73	m17	IR104.09	185	RPX LD1	AR006.01
74	m18	IR104.10	186	RPX LD2	AR006.02
75	m19	IR104.11	187	RPX LD3	AR006.11
76	m2	IR103.01	188	RPX LD5	AR006.03
77	m20	IR104.12	189	RPX PL1	AR006.10
78	m21	IR104.13	190	RSW1 ML2	AR006.13
79	m22	IR104.14	191	RSW1 MLM	AR006.12
80	m23	IR104.15	192	RTBS DET1	AR006.09
81	m24	IR105.00	193	RTBS DET2	AR006.05
82	m25	IR105.01	194	SC BD	IR101.01
83	m26	IR105.02	195	SC FD	IR100.12
84	m27	IR105.03	196	SCCOT	IR102.05
85	m28	IR105.04	197	SCP CONV	IR100.02
86	m29	IR105.05	198	ST	IR101.11
87	m3	IR103.02	199	STIN VALVE	IR100.15
88	m30	IR105.06	200	SW1 ML2	IR000.13
89	m31	IR105.07	201	SW1 MLM	IR000.12
90	m32	IR105.08	202	SW2 ML3	AR001.06
91	m33	IR105.09	203	SW2 MLM	AR001.05
92	m34	IR105.10	204	TBS DET1	IR000.09
93	m35	IR105.11	205	TBS DET2	IR000.05
94	m36	IR105.12	206	UTHR CONV	IR101.06
95	m37	IR105.13	207	VD	IR102.02
96	m38	IR105.14	208	XHL STT	AR005.04
97	m39	IR105.15	209	XL BSC	AR005.08
98	m4	IR103.03	210	XLSH HGLR	AR005.06
99	m40 1	IR106.00	211	XLSL HGLR	AR005.07
100	m40 1 1	IR106.01	212	XLSL HPL1	AR005.14
101	m40 2	IR106.02	213	XPB START	AR005.00
102	m40 2 1	IR106.03	214	XPB STOP	AR005.15
103	m40 2 2	IR106.04	215	XPX LD1	AR005.01
104	m40 2 3	IR106.05	216	XPX LD2	AR005.02
105	m40 2 4	IR106.06	217	XPX LD3	AR005.11
106	m40 2 5	IR106.07	218	XPX LD5	AR005.03

NO	NAMA	ALAMAT	NO	NAMA	ALAMAT
107	m40 2 6	IR106.08	219	XPX_PL1	AR005.10
108	m40 2 7	IR106.09	220	XSW1_ML2	AR005.13
109	m41	IR106.10	221	XSW1_MLM	AR005.12
110	m42	IR106.11	222	XTBS_DET1	AR005.09
111	m43	IR106.12	223	XTBS_DET2	AR005.05
112	m44	IR106.13			

4.2. Uji Sistem

Setelah pengalaman pada OPC telah dilakukan maka selajutnya hubungkan PLC dengan komputer, buka kemudian hubungkan aplikasi Wonderware Intouch dan KEPServerEX kemudian pengujian langkah *crude palm oil process* dapat dilakukan. Berdasarkan proses konstruksi diagram *ladder* pada bab sebelumnya yang dilakukan setiap satu langkah, maka pengujian dilakukan pada tiap satu langkah yang telah dideskripsikan pada Tabel 3.3.

a) Rung Langkah Initial

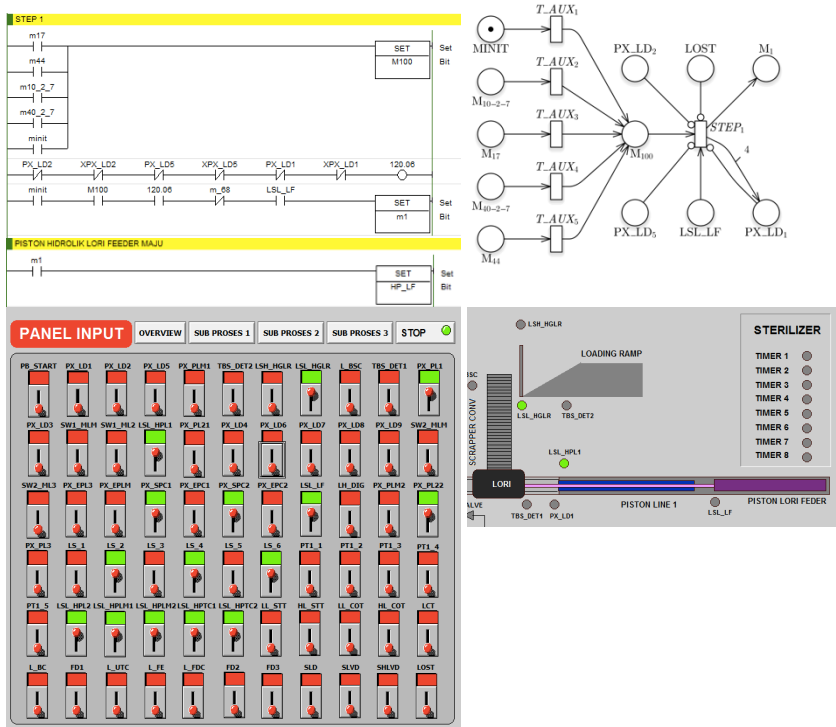


Gambar 4.1. Running Rung Langkah 1

Sebagaimana pada Gambar 4.1, ketika tombol *start* ditekan maka piston *lori feeder* akan nonaktif atau berarti mundur ke posisi minimum.

b) *Rung* Langkah 1

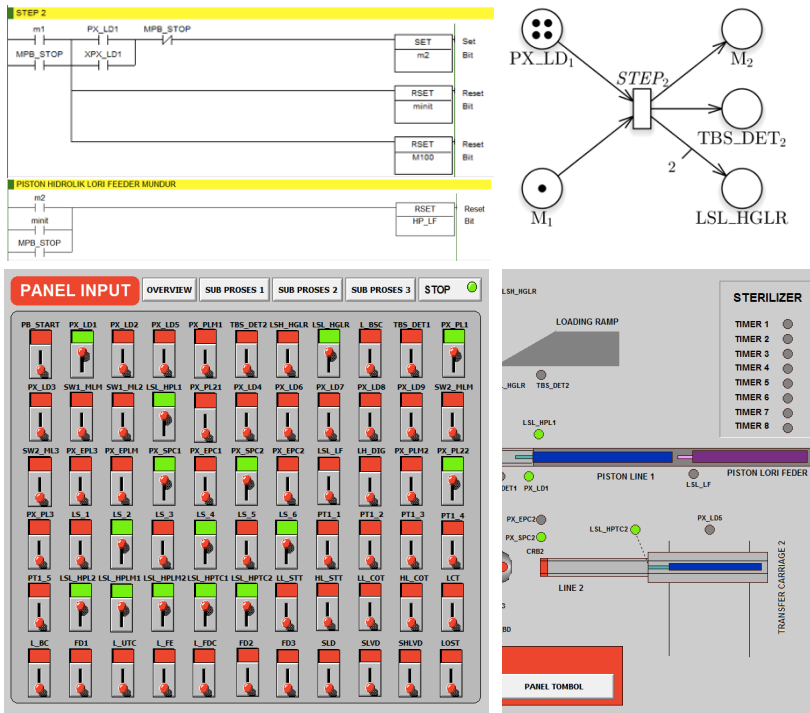
Setelah *lori feeder* dipastikan berada pada posisi minimum, maka selanjutnya adalah piston ini akan maju untuk mendorong *lori feeder* sehingga *lori* akan meluncur di sepanjang *line 1* hingga mencapai posisi perhentian pertama yaitu tepat berada di bawah *scraper conveyor* sebagaimana pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. *Running Rung* Langkah 1

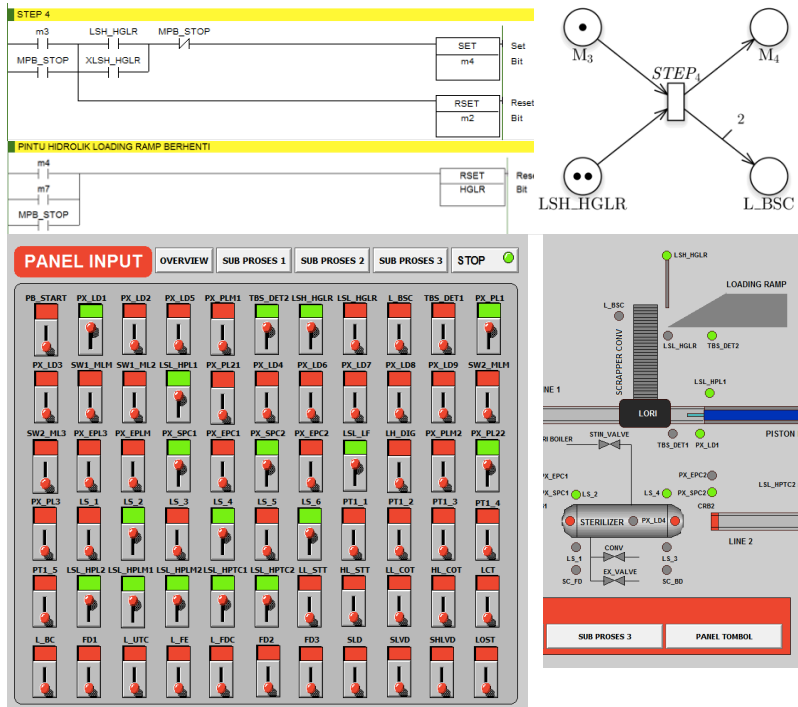
c) *Rung* Langkah 2

Setelah *lori* bergerak meluncur di sepanjang *line* 1 hingga tepat berhenti tepat di bawah *scrapper conveyor*, maka piston *line* 1 akan bergerak mundur kembali ke posisi semula. *Lori* telah tepat berada di bawah *scrapper conveyor* dapat ditandai dengan aktifnya sensor PX_LD1. Penggunaan *input* dan ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. *Running Rung* Langkah 2

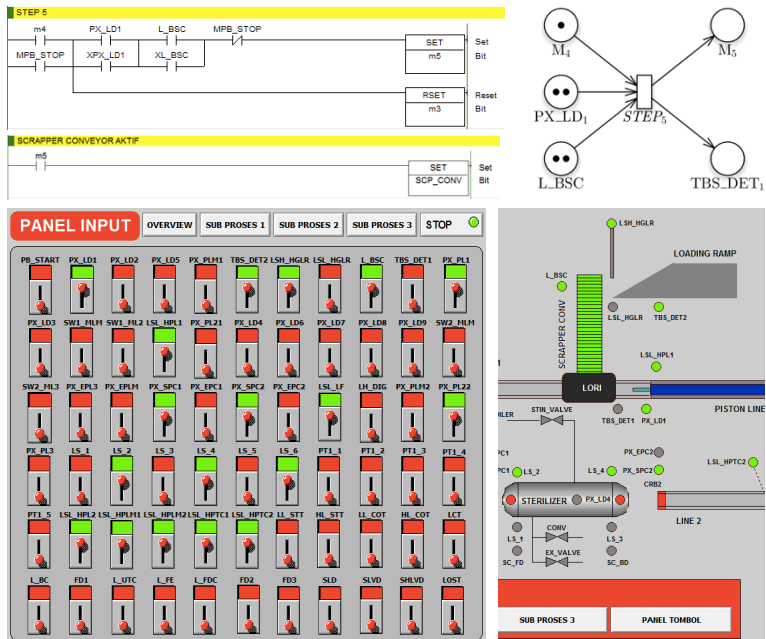
pintu *loading ramp* telah berada di bagian atas atau membuka. Berhentinya pintu *loading ramp* divisualisasikan dengan warna abu-abu.



Gambar 4.5. Running Rung Langkah 4

f) Rung Langkah 5

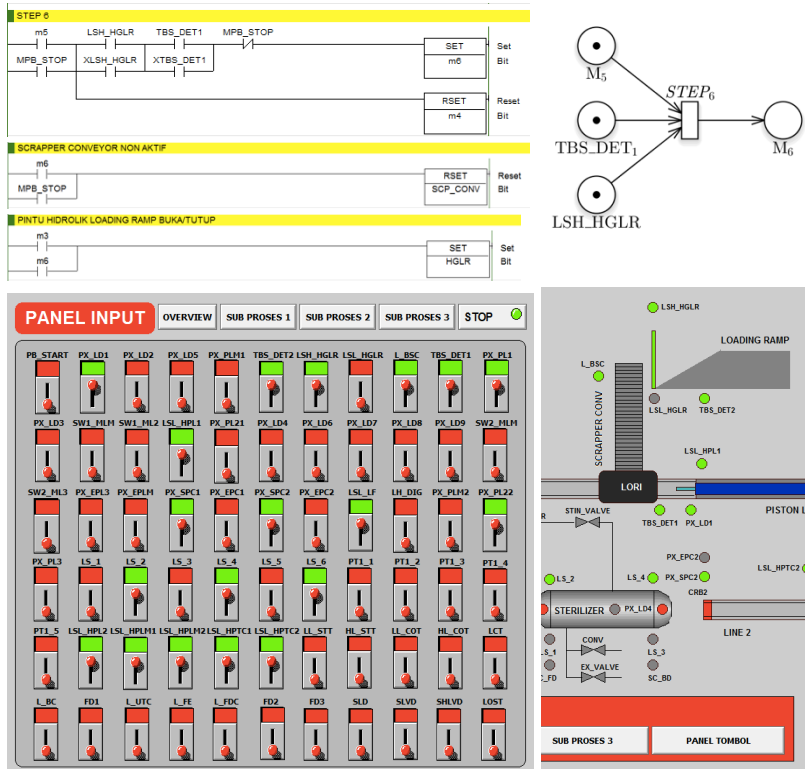
Sebagaimana pada Gambar 4.6, setelah pintu *loading ramp* terbuka penuh (diindikasikan oleh aktifnya LSH_HGLR), maka buah akan tumpah ke *scrapper conveyor* dan mengaktifkan sensor beban (TBS_DET1) sehingga *scrapper conveyor* akan bergerak membawa tandan buah segar untuk ditumpahkan ke dalam *lori* yang telah siap menampung pada *line 1*.



Gambar 4.6. Running Rung Langkah 5

g) Rung Langkah 6

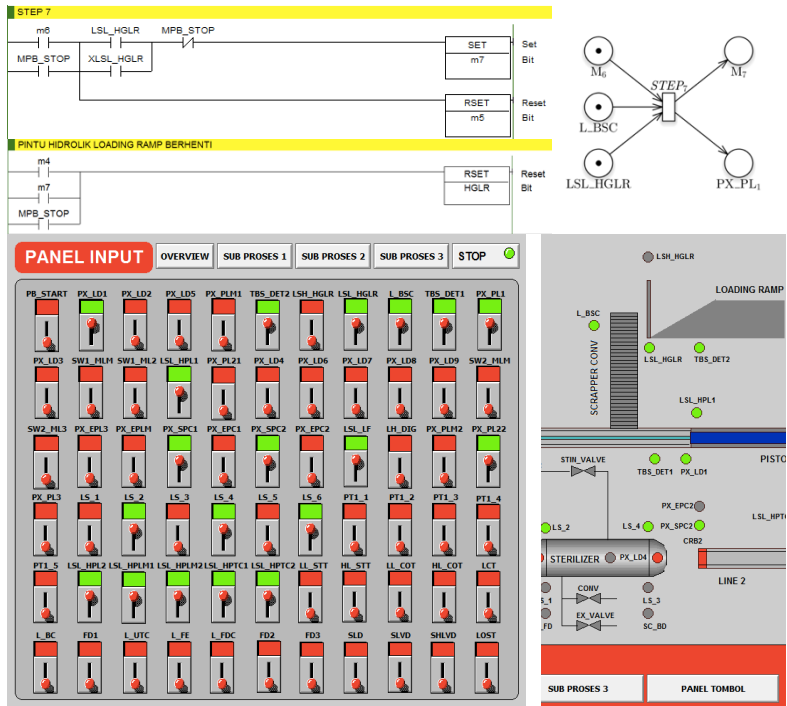
Setelah langkah 5 dilakukan, *scrapper conveyor* akan aktif terus menjatuhkan tandan buah segar ke dalam *lori* hingga *lori* terisi penuh yang ditandai dengan aktifnya sensor beban pada *lori* (TBS_DET1). Jika *lori* telah terisi penuh maka *scrapper conveyor* akan berhenti dan pintu *loading ramp* akan bergerak turun (menutup) sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Running Rung Langkah 6

h) Rung Langkah 7

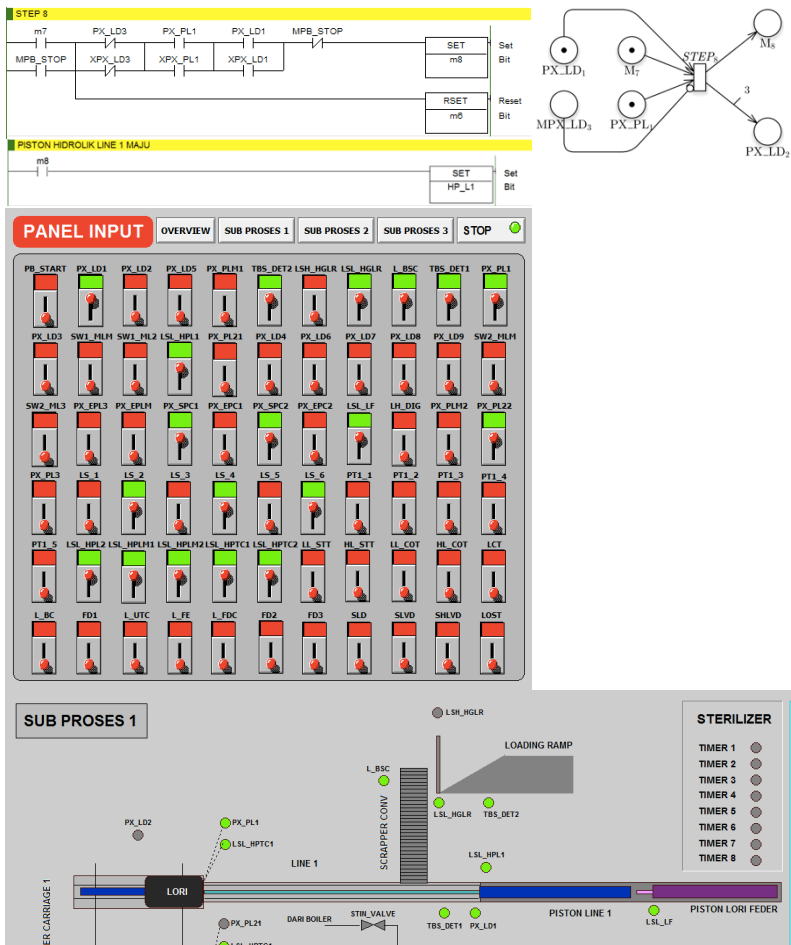
Ketika pintu *loading ramp* bergerak turun (menutup) maka pada titik tertentu akan mengenai sensor *limit switch low* (LSL_HGLR) yang berfungsi untuk memberi sinyal bahwa pintu *loading ramp* telah tertutup rapat sehingga pintu *loading ramp* akan berhenti pada posisi tersebut dan tidak terus bergerak turun. Sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Running Rung Langkah 7

i) Rung Langkah 8

Setelah lori terisi penuh, *scrapper conveyor* dan pintu *loading ramp* telah berhenti pada posisi terendah, maka piston *line 1* akan maju mendorong lori sehingga lori akan meluncur kembali di sepanjang *line 1* untuk dilanjutkan pada proses selanjutnya. Visualisasi dari proses langkah 8 dapat dilihat pada Gambar 4.9.

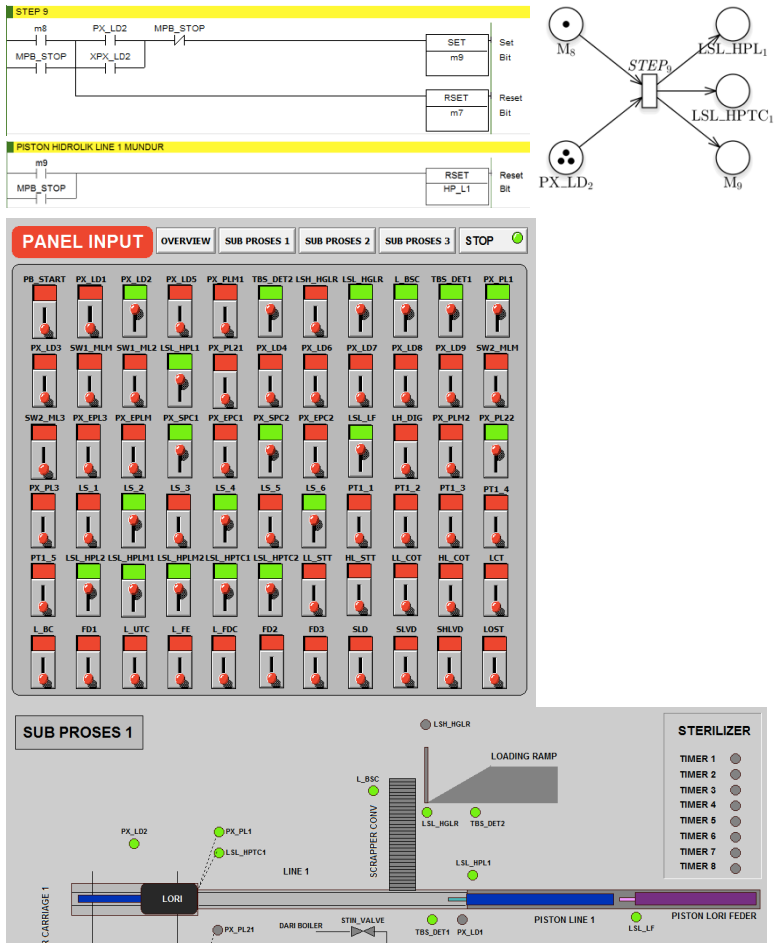


Gambar 4.9. Running Rung Langkah 8

j) Rung Langkah 9

Lori terus meluncur pada *line 1* akibat dorongan piston *line 1* hingga akhirnya lori berpindah rail track ke jalur *transfer carriage* dan akan menyentuh sensor *lori detector* (PX_LD2). Jika PX_LD2 aktif, maka

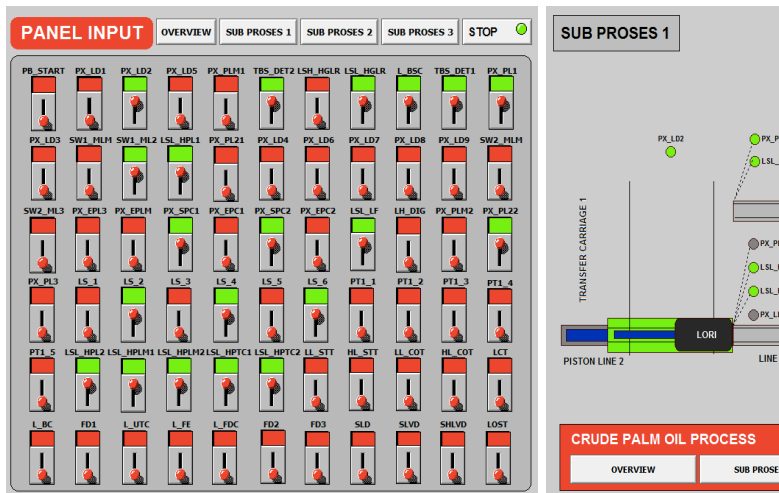
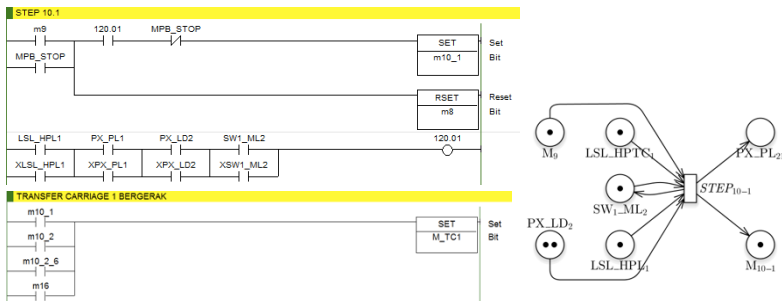
piston *line 1* akan bergerak kembali mundur ke posisi minimum sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Running Rung Langkah 9

k) *Rung* Langkah 10.1

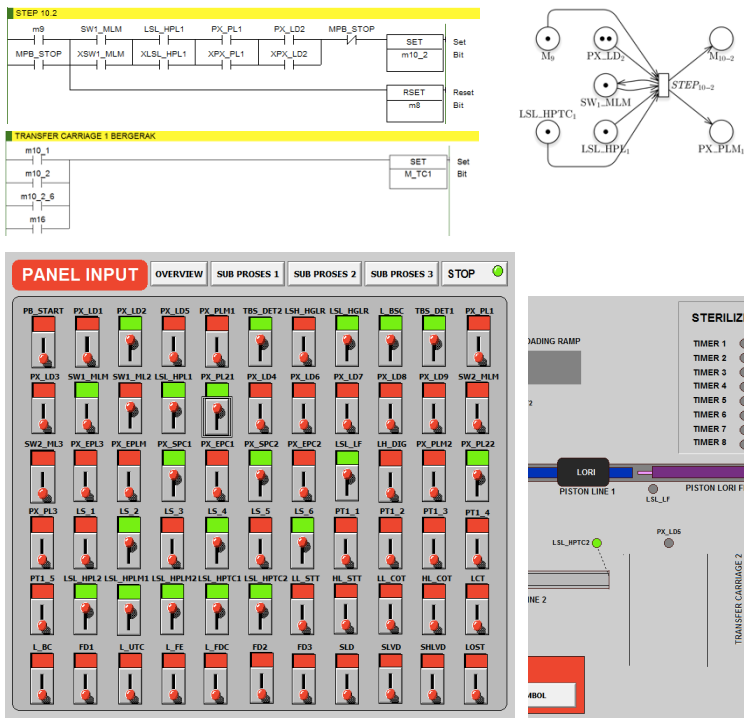
Setelah *lori* berada pada *transfer carriage*, piston *line 1* telah berada pada posisi minimum, dan tidak terjadi masalah pada proses *crude palm oil* (SW1_ML2 aktif) maka langkah selanjutnya motor *transfer carriage* akan aktif dan *transfer carriage* akan bergerak menuju *line 2*. SW1_ML2 merupakan suatu *switch* dua kondisi yang dapat dioperasikan oleh operator untuk mengontrol jalannya proses jika terjadi suatu kendala atau masalah pada satu *line*. Sebagaimana pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. *Running Rung* Langkah 10.1

1) Rung Langkah 10.2

Jika terjadi suatu masalah pada proses *crude palm oil*, maka *switch maintenance* untuk *transfer carriage* 1 akan diaktifkan, sehingga motor *transfer carriage* akan aktif dan membawa *transfer carriage* bersama *lori* ke *line maintenance* untuk menunda proses dan menghentikan suplai tandan buah segar.



Gambar 4.12. Running Rung Langkah 10.2

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Proses konstruksi diagram *ladder* dengan menggunakan metode *Petri net* dapat dilakukan dan telah berhasil dilakukan simulasi sehingga urutan logika sesuai dengan urutan proses yang diinginkan dan menghasilkan beberapa poin sebagai berikut.

- a) Proses konstruksi diagram *ladder* dengan menggunakan metode *Petri net* dapat dilakukan sesuai dengan urutan logika yang diinginkan
- b) *Crude palm oil process* terdiri dari 81 aksi atau *sequence* yang didukung oleh 68 buah *input*, dan 39 *output*
- c) Metode *Petri net* dapat digunakan untuk melihat keadaan suatu proses sistem yang sedang bekerja sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan perbaikan maupun pengembangan
- d) Besar program PLC yang dihasilkan memiliki ukuran 9 Kb.
- e) Diagram *ladder* seluruh proses *crude palm oil process* terdiri dari 198 *rung*. 120 *rung* proses, dan 78 *rung* untuk *output* (aktuator)
- f) Untuk mendukung proses, digunakan *timer* 11 buah *timer*, 81 buah *flag* atau memori, dan 1037 kontak dan *relay*
- g) Diperlukan PLC tipe *modular* dengan fasilitas *input* dan *output* yang memadai untuk melakukan implementasi pada *crude palm oil process*

5.2. Saran

- a) Akan jauh lebih baik jika dapat mengimplementasikan langsung pada *crude palm oil process plant*
- b) Penghitungan siklus pada *sterilizer* akan jauh lebih baik jika disesuaikan dengan parameter *real* di lapangan agar menghasilkan kualitas *crude palm oil* yang baik
- c) Gambaran proses *crude palm oil process* akan jauh lebih lengkap jika dideskripsikan berikut dengan logika proses pada beberapa proses pendukungnya seperti pengolahan limbah, *steam supply*, pengolahan janjang kosong, dan pengolahan biji sawit (*kernel*)

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. E. Subiyantoro and Y. Arianto, "Statistik Perkebunan Indonesia, Kelapa Sawit 2014-2016," Direktorat Jendral Perkebunan, Jakarta, 2015.
- [2] Kementrian Pertanian, "Rencana Strategis Direktorat Jendral Perkebunan Tahun 2015-2019," Direktorat Jenderal Perkebunan, Jakarta, 2015.
- [3] A. N. Fitriana and A. N. KA, "Sawit Bukan Hanya Minyak Goreng: Meningkatkan Diversifikasi Ekspor Sawit Indonesia," 23 Januari 2018. [Online]. Available: http://forbil.org/manage/statics/publication/15/Mini_Ebook_Palm_Oil_Sector.pdf. [Accessed 25 Juni 2018].
- [4] Renta, "Analisis Optimalisasi Pengadaan Tandan Buah Segar (TBS) sebagai Bahan Baku Produksi Crude Palm Oil (CPO) dan Palm Kernel (PK) PMKS SEI KANDANG PT. Asiatic Persada-AMS Group," *MIX*, vol. V, no. 3, pp. 347-367, 2015.
- [5] V. Panapanaan, T. Helin, M. Kujanpaa, R. Soukka, J. Heinimo and L. Linnanen, "Sustainability of Palm Oil Production and Opportunities for Finish Technology and Know-How Transfer," Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta, Finland, 2009.
- [6] I. M. Tasma, "Pemanfaatan Teknologi Genomika dan Transformasi Genetik untuk Meningkatkan Produktivitas Kelapa Sawit," *Perspektif*, vol. 15, no. 1, pp. 50-72, 2016.
- [7] M. Latif, M. M. M. M. M. M. Lutfiah, M. and M. Qhadaphy, "Pengolahan Kelapa Sawit Menjadi CPO dan KPO," Politeknik Pertanian Negeri Pangkep, Pangkep, 2015.
- [8] B. Sugara, "Kajian Jumlah Tandah Buah Segar dan Grading di PT. Sawit Sukses Sejahtera Kecamatan Muara Ancalong Kabupaten Kutai Timur," Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Samarinda, 2015.
- [9] Huatai Cereals and Oils Machinery, "Palm Bunch Reception," Huatai Cereals and Oils Machinery, [Online]. Available:

- http://www.palmoilmachine.com/Palm_Bunch_Reception_45.htm
l. [Accessed 2010 Juli 2018].
- [10] Dolphin System, "Hydraulic Operated Loading Ramp Door Control System," Dolphin System, [Online]. Available: http://www.dolphineng.com/hydraulic_door.html. [Accessed 10 Juli 2018].
- [11] Novaflow Engineering, EATON, "One Integrated Hydraulics, Automation & Electrical Solutions in Palm Oil," Oktober 2012. [Online]. Available: <http://www.novaflow.com.my/wp-content/themes/webtemp/pdf/Novaflow%20POM%20Industry%20Brochure.pdf>. [Accessed 25 Mei 2018].
- [12] Novaflow SDN Bhd, "Compact Indexer System PLAN View," Novaflow, 2018. [Online]. Available: <http://www.novaflow.com.my/pom-3d-artist-impression-mobile/>. [Accessed 10 Juli 2018].
- [13] T. Sitepu, "Analisa Kebutuhan UAP pada Sterilizer Pabrik Kelapa Sawit dengan Lama Perebusan 90 Menit," *Jurnal Dinamis*, vol. II, no. 8, pp. 27-31, 2011.
- [14] J. Suhardi, "Alat dan Mesin Pengolahan Kelapa Sawit Menjadi CPO di PT. GMP Plantation-POM Desa Tanjung Pangkal Kabupaten Pasaman Barat, Sumatera Barat," Politeknik Pertanian Universitas Andalas, Payakumbuh, 2013.
- [15] I. L. Sibuea, Buku Pedoman Kerja Pabrik Kelapa Sawit, Tanjung Morawa: PT Perkebunan Nusantara II, 2012.
- [16] A. Purwanto and A. , "Perancangan Mesin Digester Buah Kelapa Sawit Kapasitas 5000 Liter," in *Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*, Yogyakarta, 2016.
- [17] E. I, "Persentase Kehilangan Minyak Kelapa Sawit Akibat Pengaruh Screw Press," Universitas Sumatra Utara, Medan, 2011.
- [18] PMT Industries Sdn. Bhd, "Automatic Multi Stage Desanding Cyclone," PMT Industries Sdn. Bhd, 2018. [Online]. Available: http://www.pmt-grp.com/products.asp?catalogid=11&xcategoryid=5&cat_name=&side=. [Accessed 26 Juni 2018].

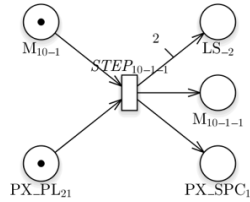
- [19] PANX, "PANX decanters for crude palm oil," PANX, [Online]. Available: <https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/products/separation/centrifugal-separators/decanters/panx-decanters-for-crude-palm-oil.pdf>. [Accessed 26 Juni 2018].
- [20] OMRON, September 2000. [Online]. Available: <http://omronkft.hu/nostree/pdfs/plc/cqm1h/w226-e1-7.pdf>. [Accessed 2 Juni 2018].
- [21] K.-H. John and M. Tiegelkamp, IEC61131-3: Programming Industrial Automation Systems, Berlin Heidelberg: Springer - Verlag, 2001.
- [22] B. Hollifield, D. Oliver, N. Ian and E. Habibi, High Performance HMI Handbook, Houston: PAS, 2008.
- [23] AVEVA Group Plc, "Industrial Software Platform," AVEVA Group Plc, 2018. [Online]. Available: <http://software.schneider-electric.com/products/wonderware/hmi-and-supervisory-control/?amp>. [Accessed 10 Juli 2018].
- [24] V. M. G. Suarez, 27 Oktober 1998. [Online]. Available: <http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/OPC%20Overview%201.00.pdf>. [Accessed 26 Mei 2018].
- [25] Kepware, "Connectivity Platform For Industrial Automation and The Internet of Things," 2018. [Online]. Available: <https://donar.messe.de/exhibitor/hannovermesse/2018/F224938/kepserverex-brochure-eng-449606.pdf>. [Accessed 10 Juli 2018].
- [26] M. Zhou and E. Twiss, "A Comparison of relay Ladder Logic Programming and Petri Net Approach for Sequential Industrial Control System," in *IEEE*, Newark, 1995.
- [27] P. Tomaz, "Translation of Extended Petri Net Model into Ladder Diagram and Simulation with PLC," *Strojniski vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, vol. 55, no. 10, pp. 608-622, 2009.
- [28] J.-S. Lee and P.-L. Hsu, "A New Approach to Evaluate Ladder Logic Diagrams and Petri Net via The IF-THEN Transformation," in *IEEE*, Hsinchu, Taiwan, 2001.
- [29] M. K. Gupta, Practical Guide to Vegetable Oil Processing, Lynnwood, TX, United States: Elsevier Inc and American Oil Chemists' Society, 2017.

- [30] K. Hashim, S. Tahiruddin and A. J. Asis, "Palm and Palm Kernel Oil Production and Processing in Malaysia and Indonesia," in *Palm Oil Production, Processing, Characterization and Uses*, Malaysia, AOCS Press, 2012, pp. 235-250.

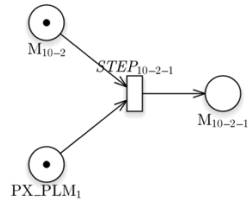
LAMPIRAN

Model *Petri Net* per Langkah

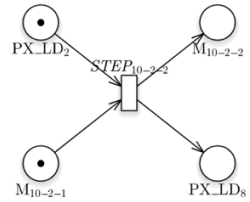
Langkah 10.1.1



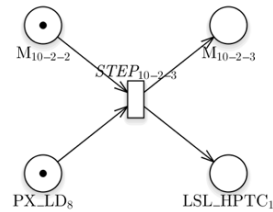
Langkah 10.2.1



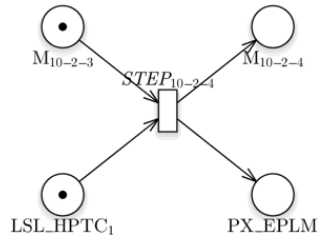
Langkah 10.2.2



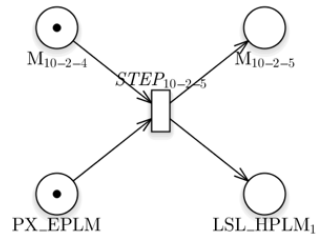
Langkah 10.2.3



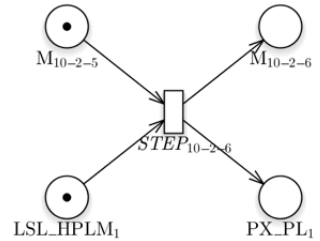
Langkah 10.2.4



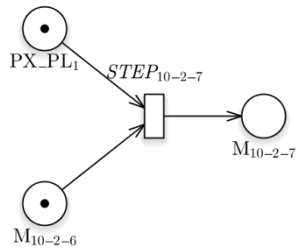
Langkah 10.2.5



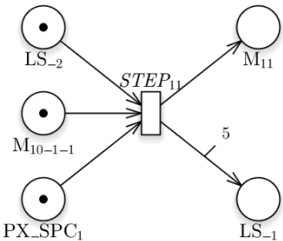
Langkah 10.2.6



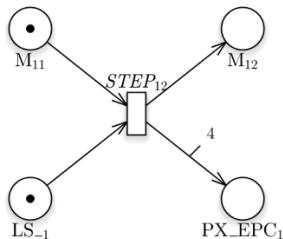
Langkah 10.2.7



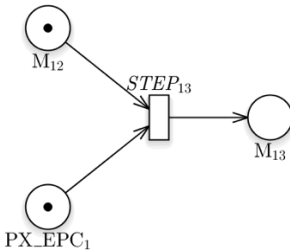
Langkah 11



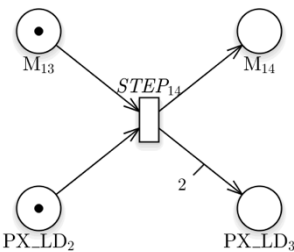
Langkah 12



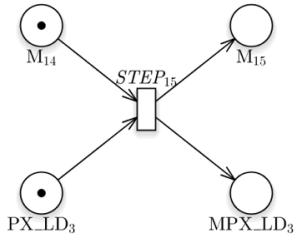
Langkah 13



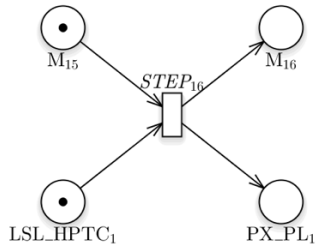
Langkah 14



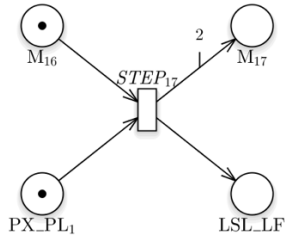
Langkah 15



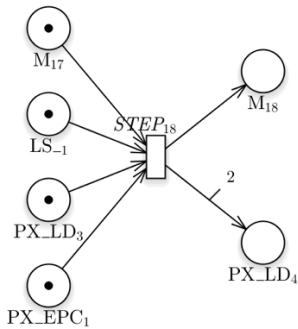
Langkah 16



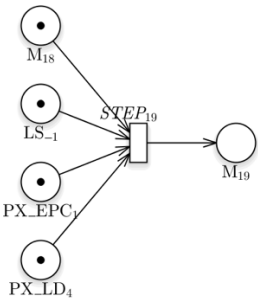
Langkah 17



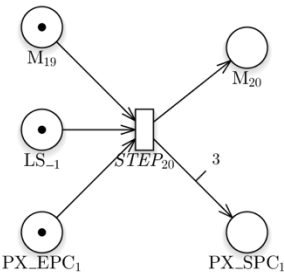
Langkah 18



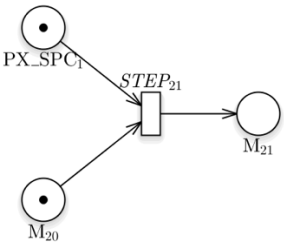
Langkah 19



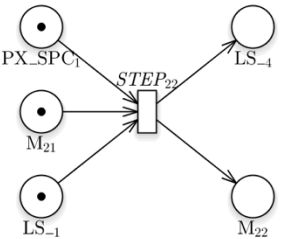
Langkah 20



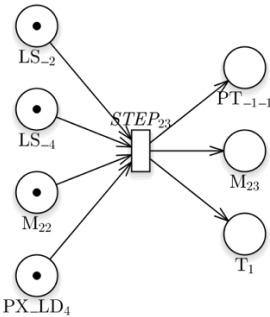
Langkah 21



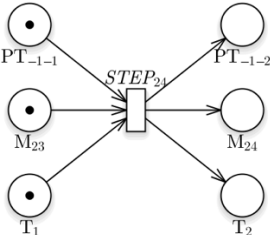
Langkah 22



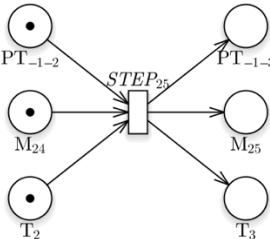
Langkah 23



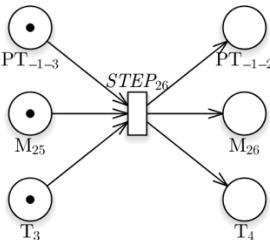
Langkah 24



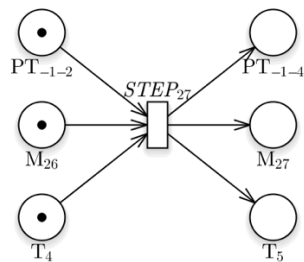
Langkah 25



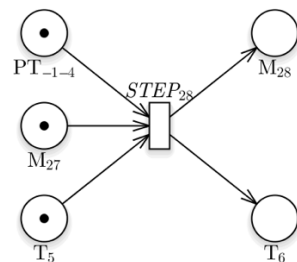
Langkah 26



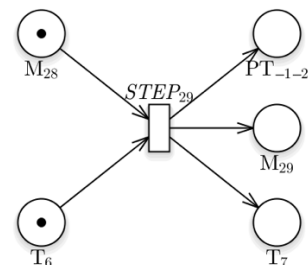
Langkah 27



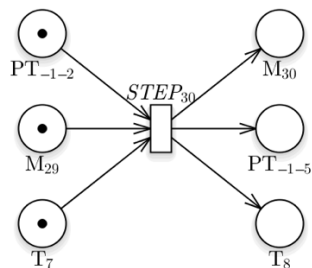
Langkah 28



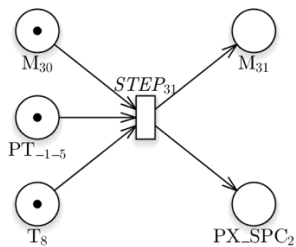
Langkah 29



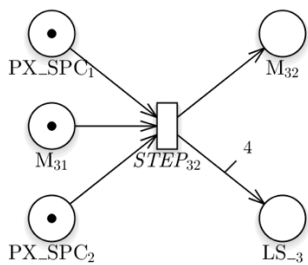
Langkah 30



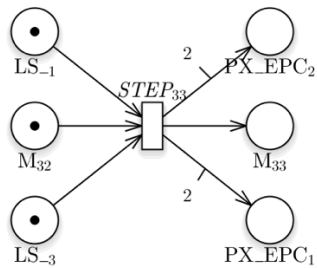
Langkah 31



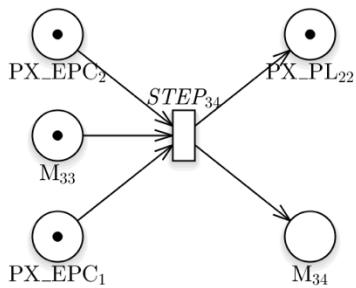
Langkah 32



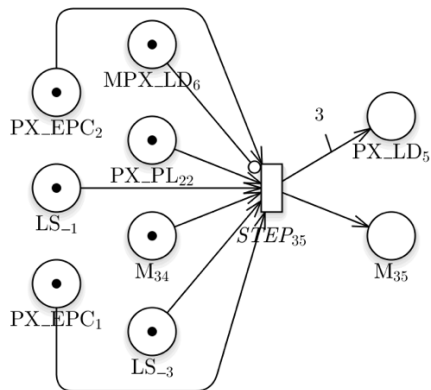
Langkah 33



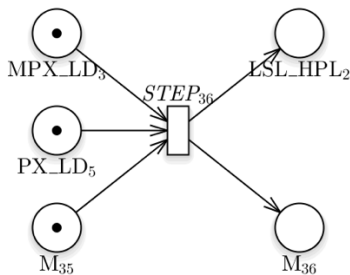
Langkah 34



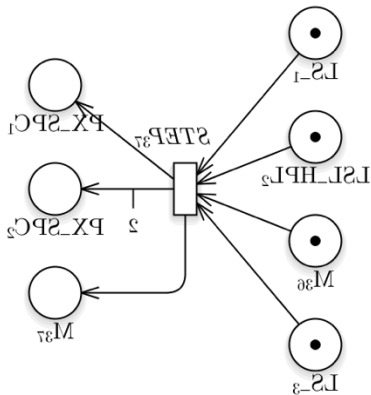
Langkah 35



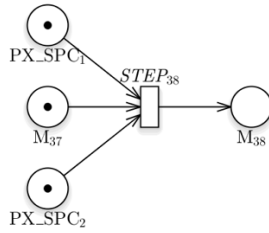
Langkah 36



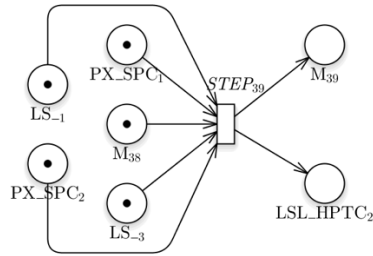
Langkah 37



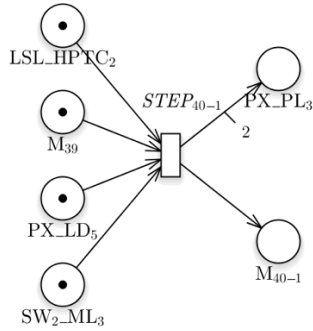
Langkah 38



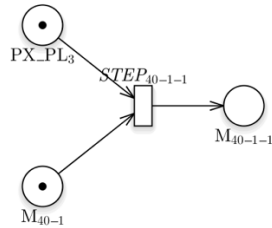
Langkah 39



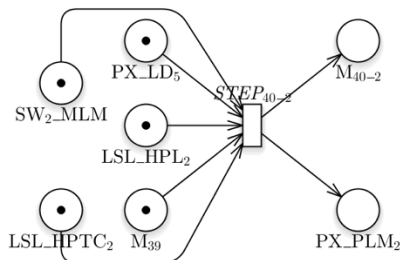
Langkah 40.1



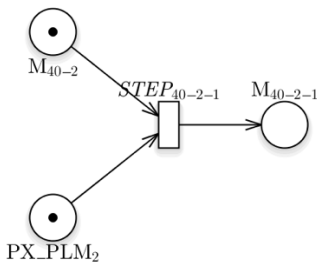
Langkah 40.1.1



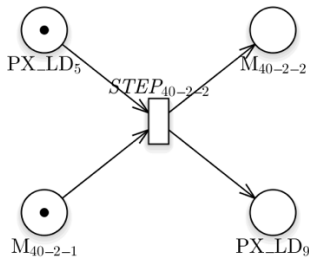
Langkah 40.2



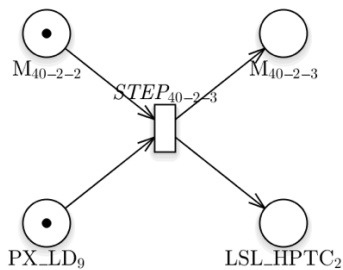
Langkah 40.2.1



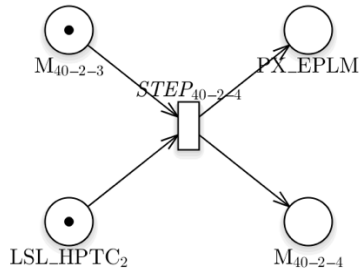
Langkah 40.2.2



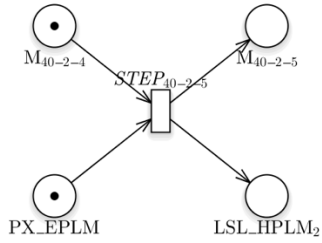
Langkah 40.2.3



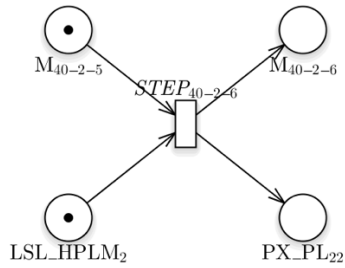
Langkah 40.2.4



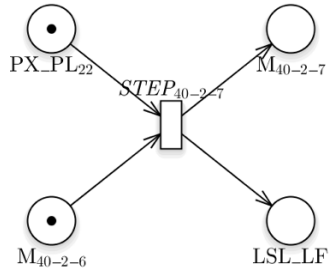
Langkah 40.2.5



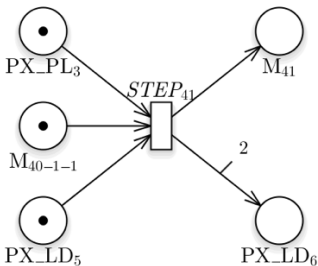
Langkah 40.2.6



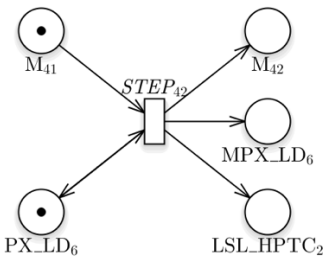
Langkah 40.2.7



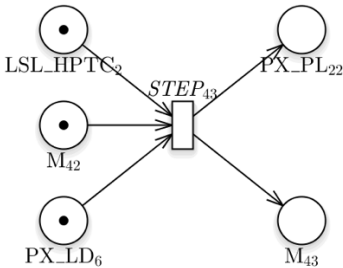
Langkah 41



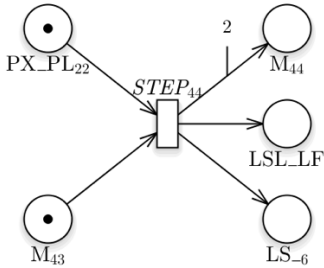
Langkah 42



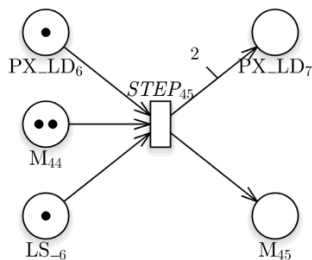
Langkah 43



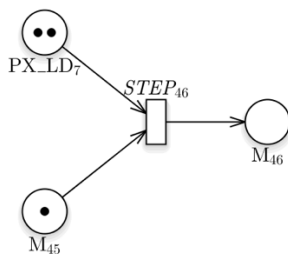
Langkah 44



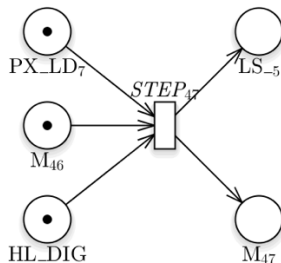
Langkah 45



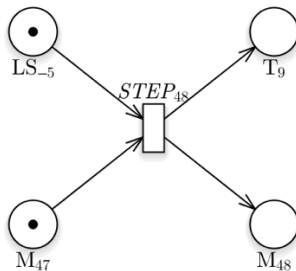
Langkah 46



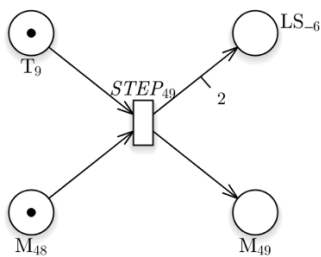
Langkah 47



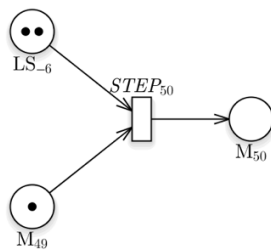
Langkah 48



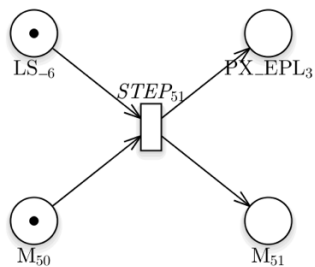
Langkah 49



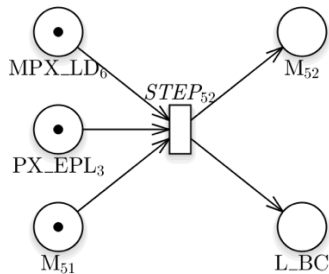
Langkah 50



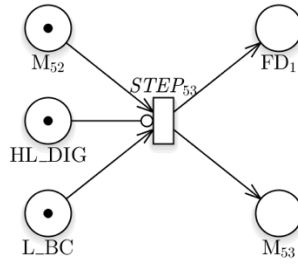
Langkah 51



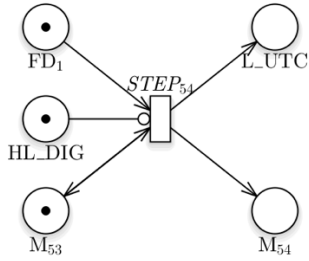
Langkah 52



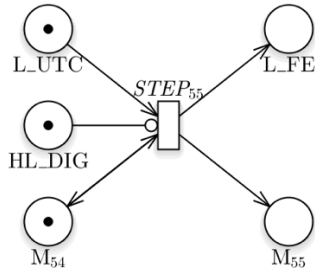
Langkah 53



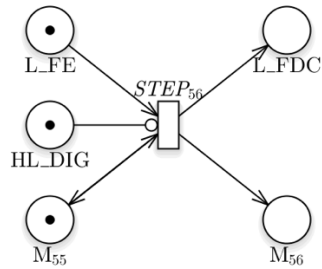
Langkah 54



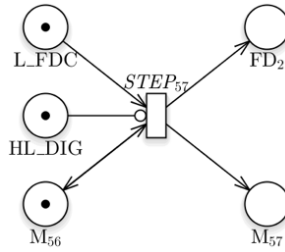
Langkah 55



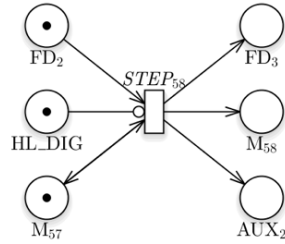
Langkah 56



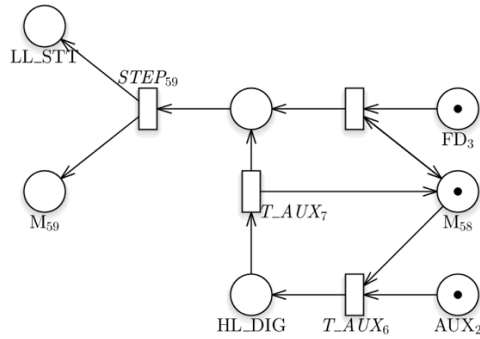
Langkah 57



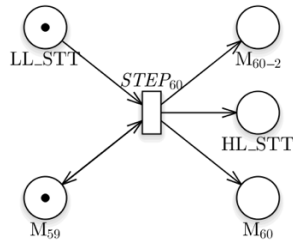
Langkah 58



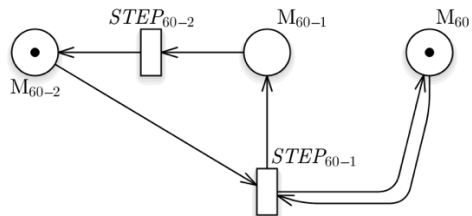
Langkah 59



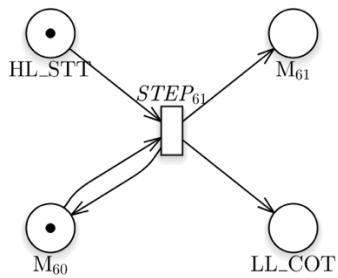
Langkah 60



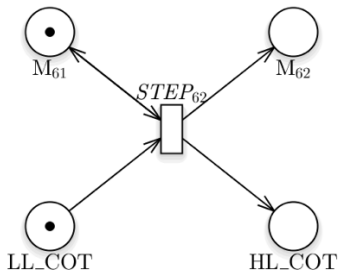
Langkah 60.1 dan Langkah 60.2



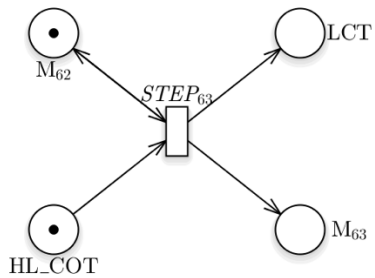
Langkah 61



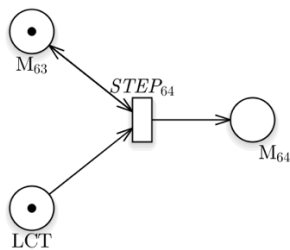
Langkah 62



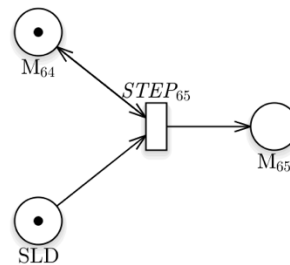
Langkah 63



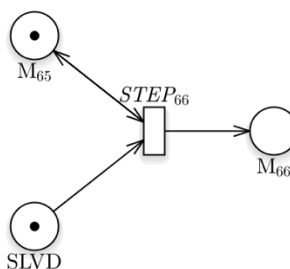
Langkah 64



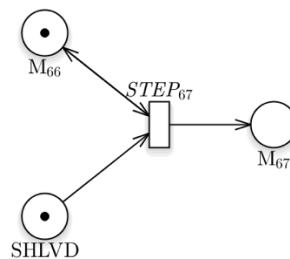
Langkah 65



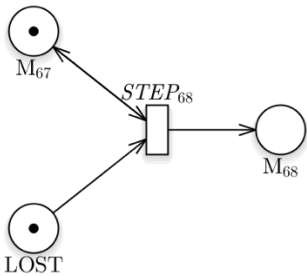
Langkah 66



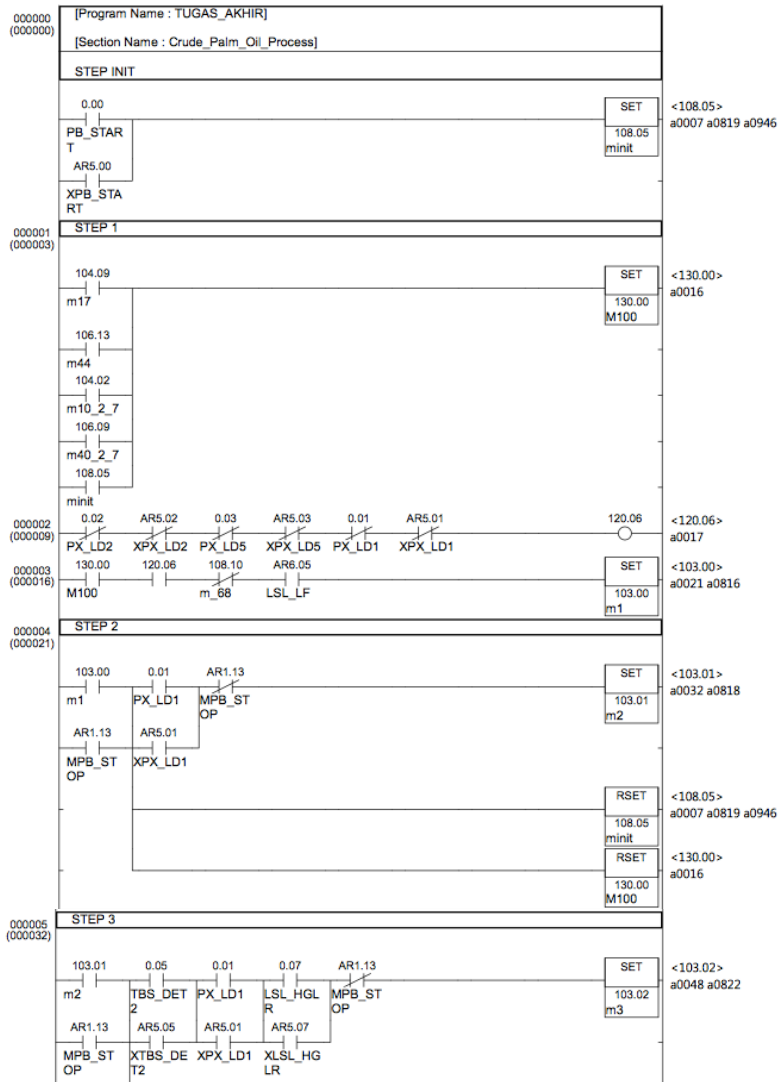
Langkah 67

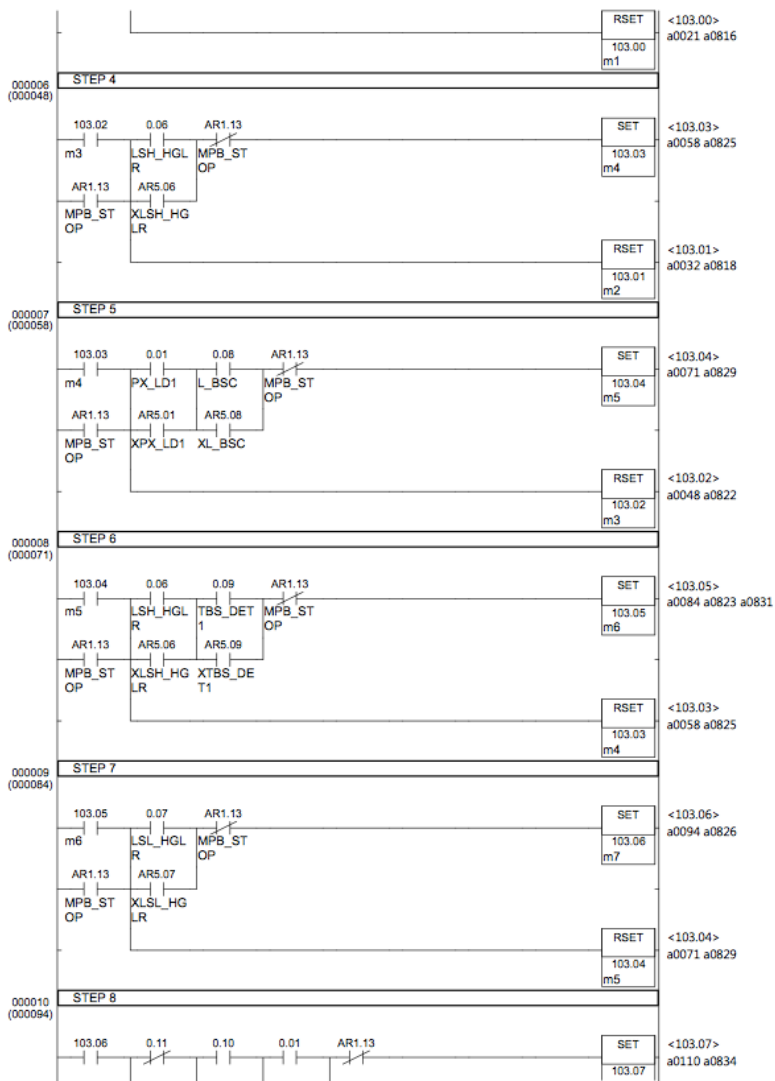


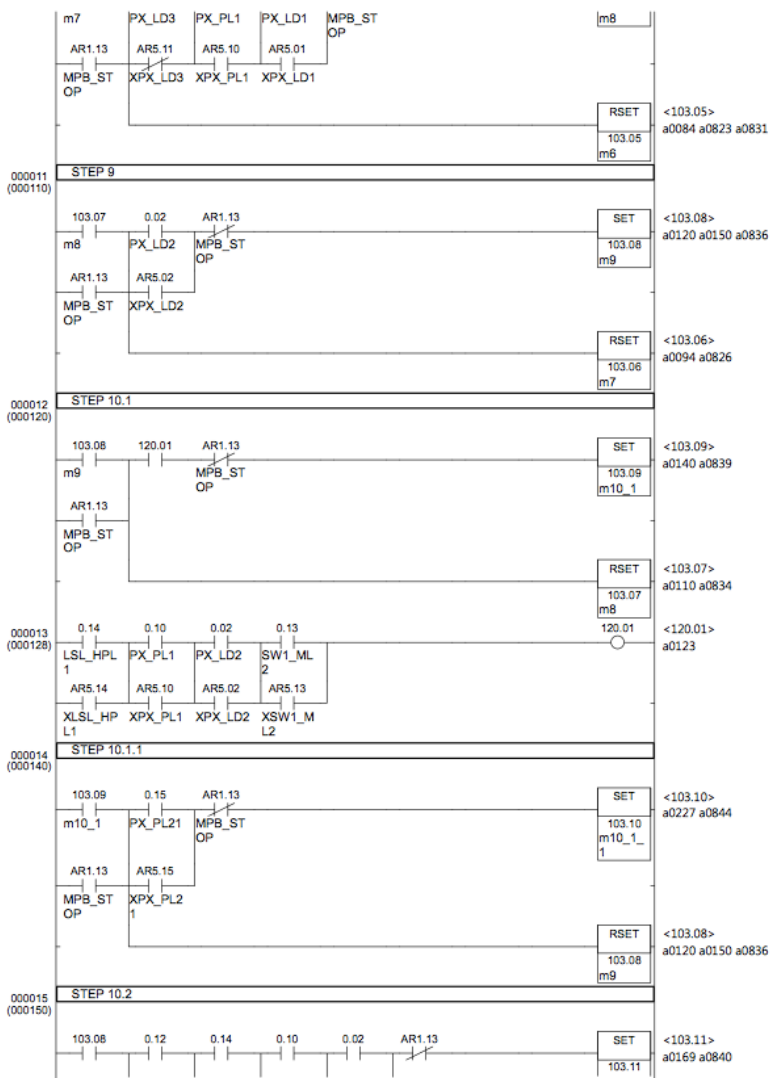
Langkah 68

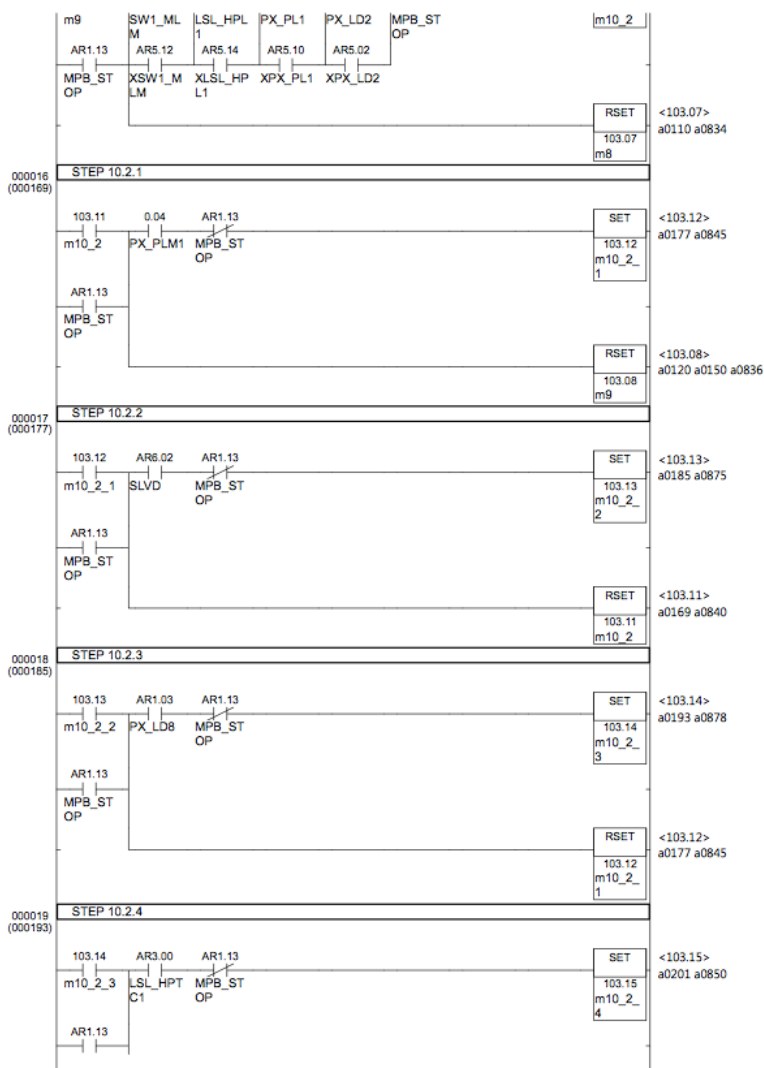


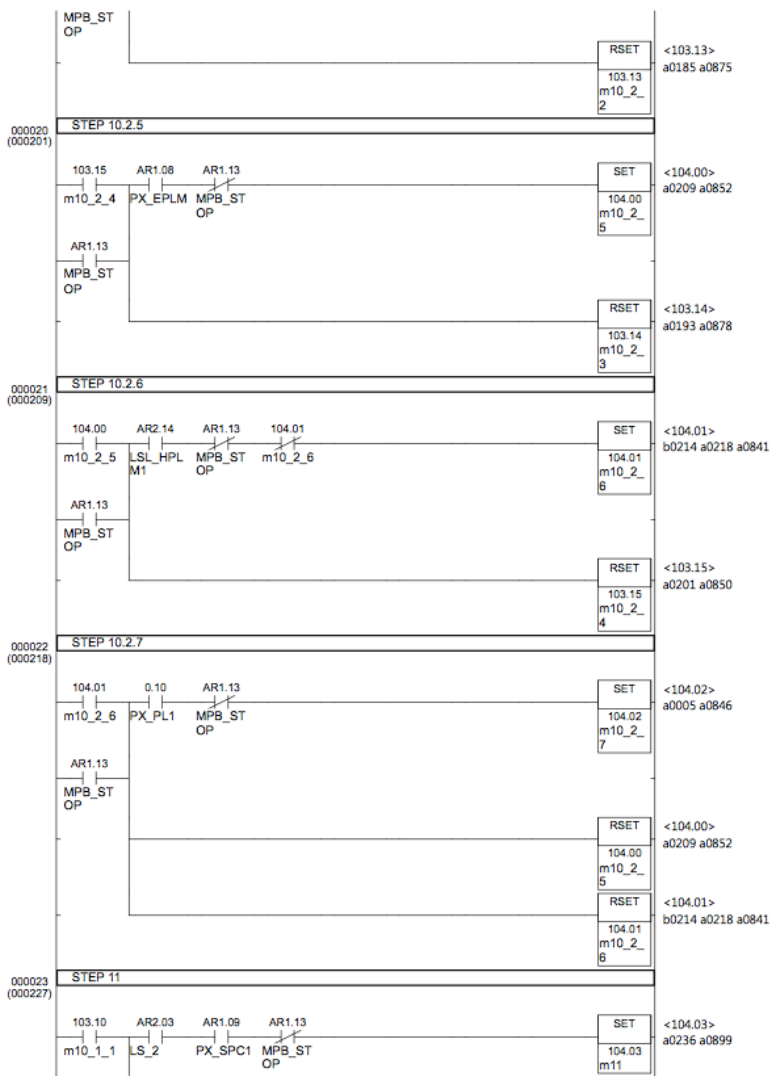
Program Diagram *Ladder Crude Palm Oil Process*

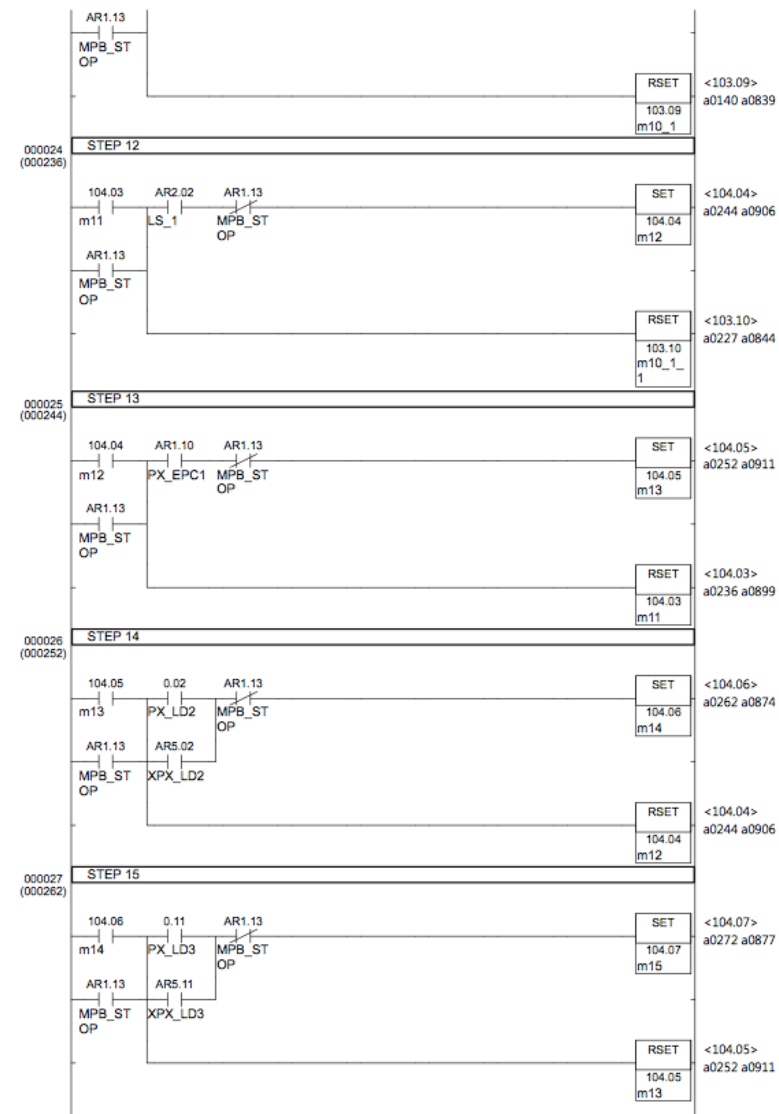


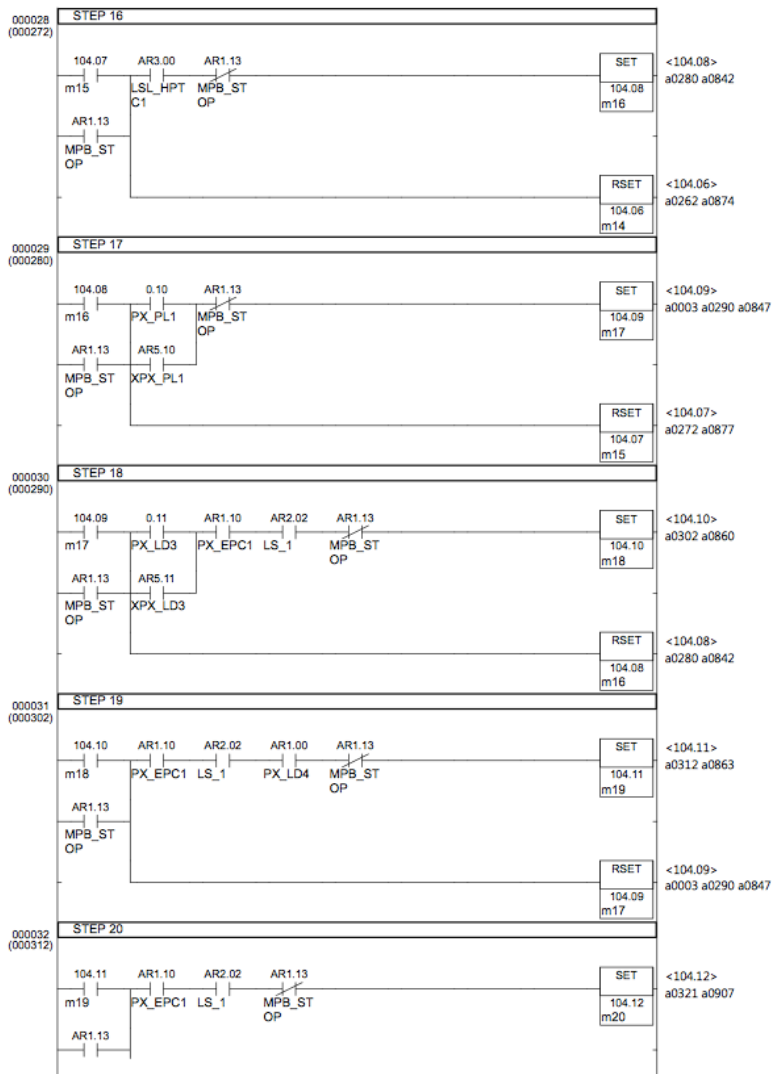


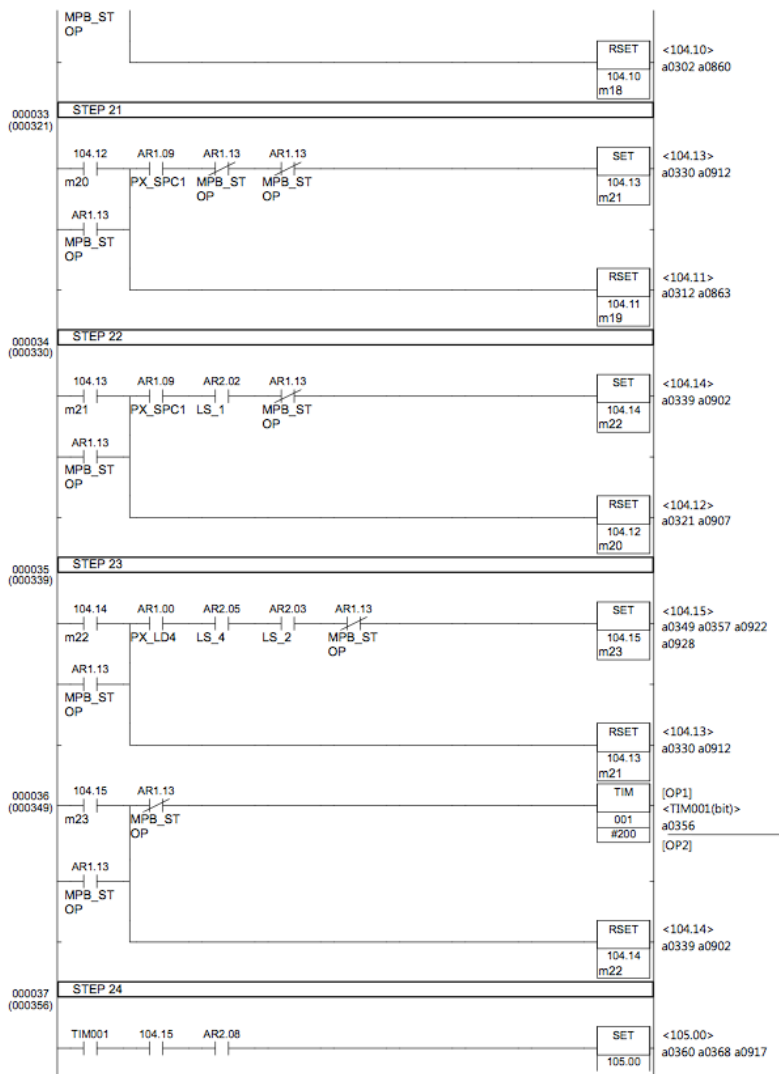


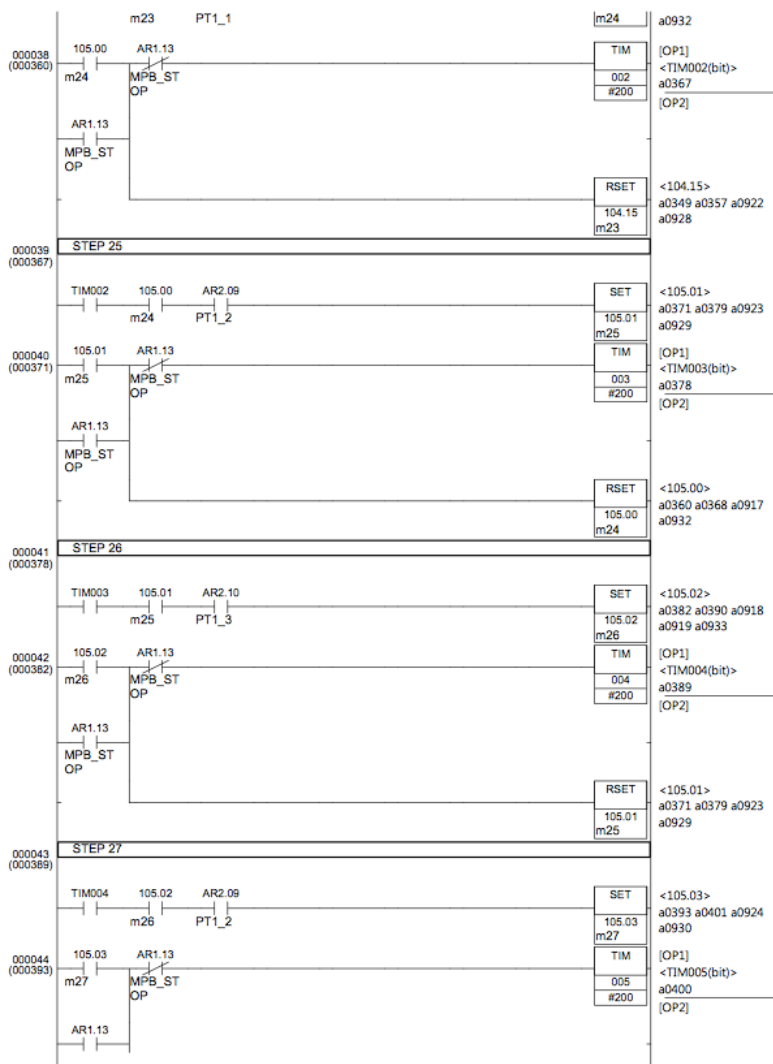


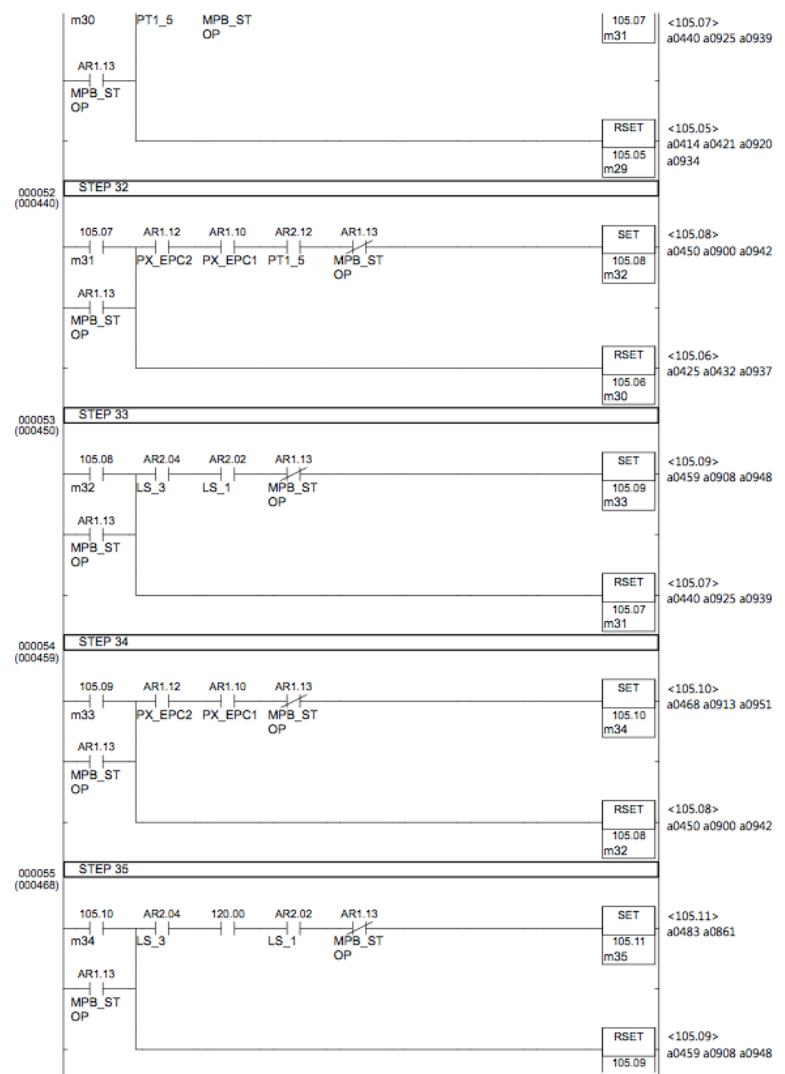


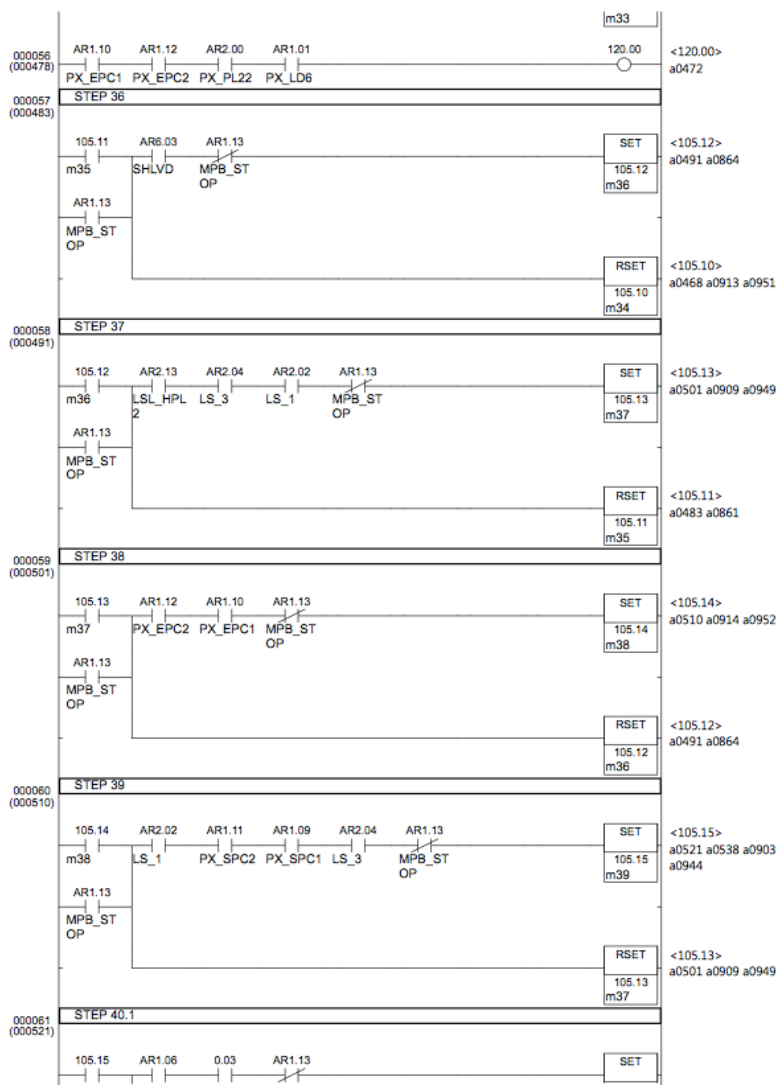


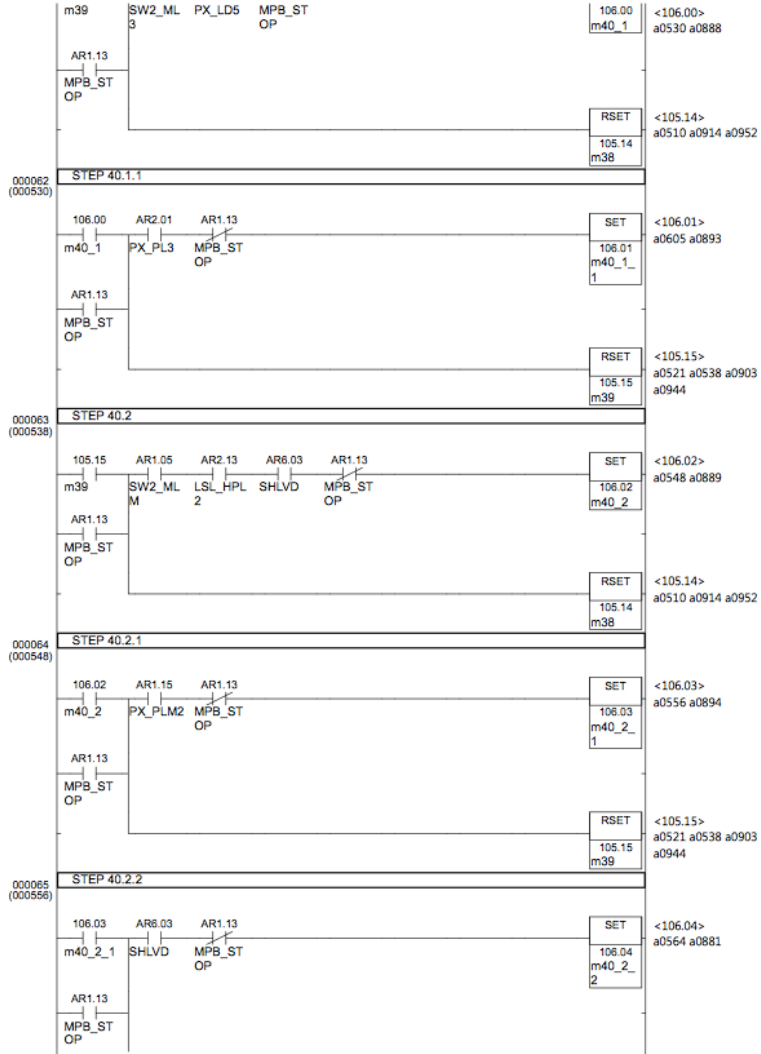


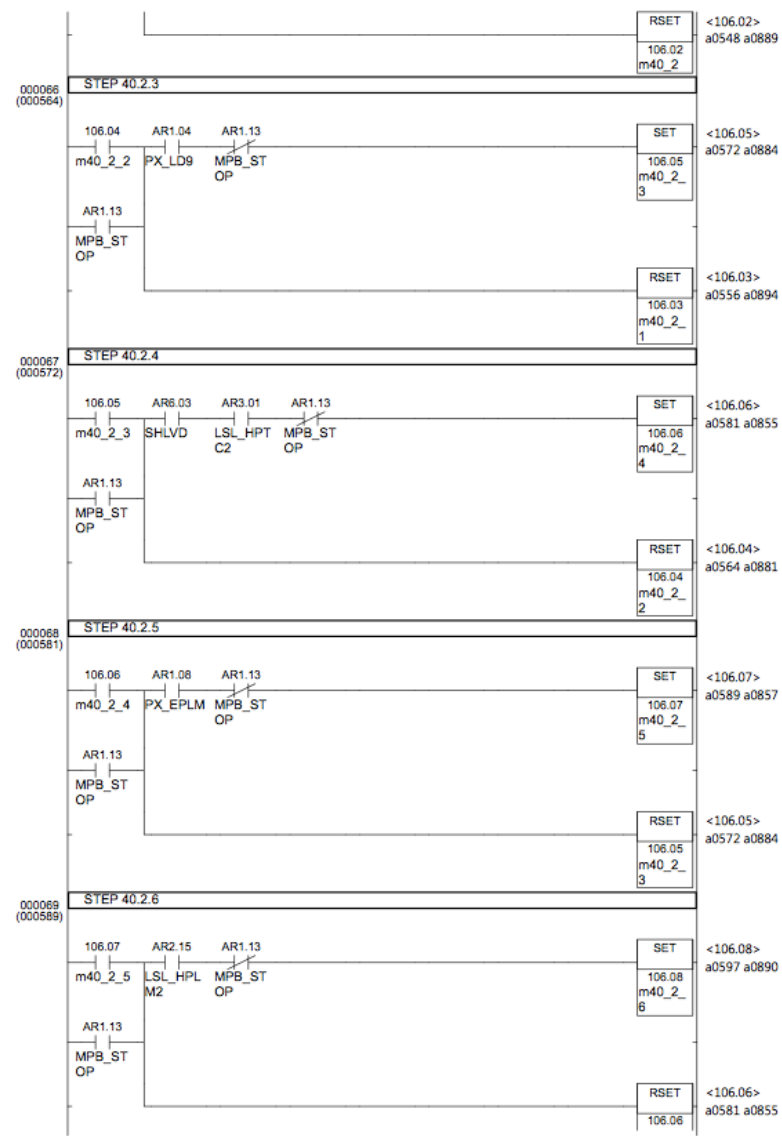


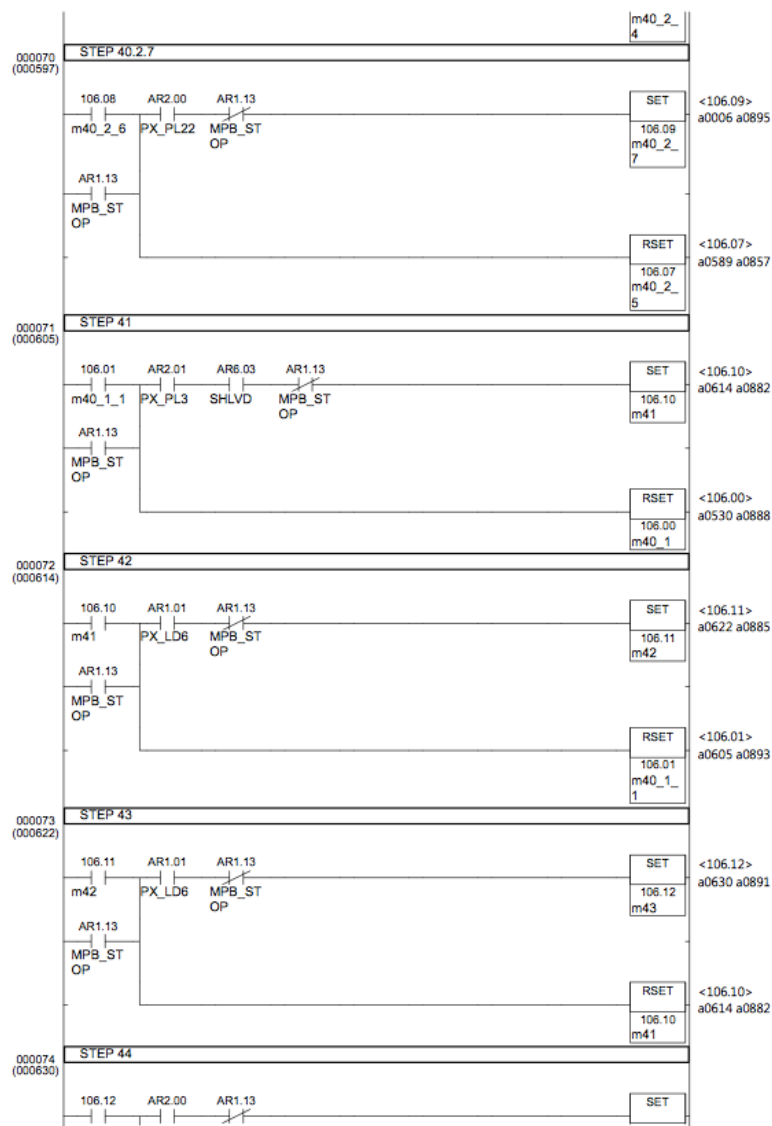


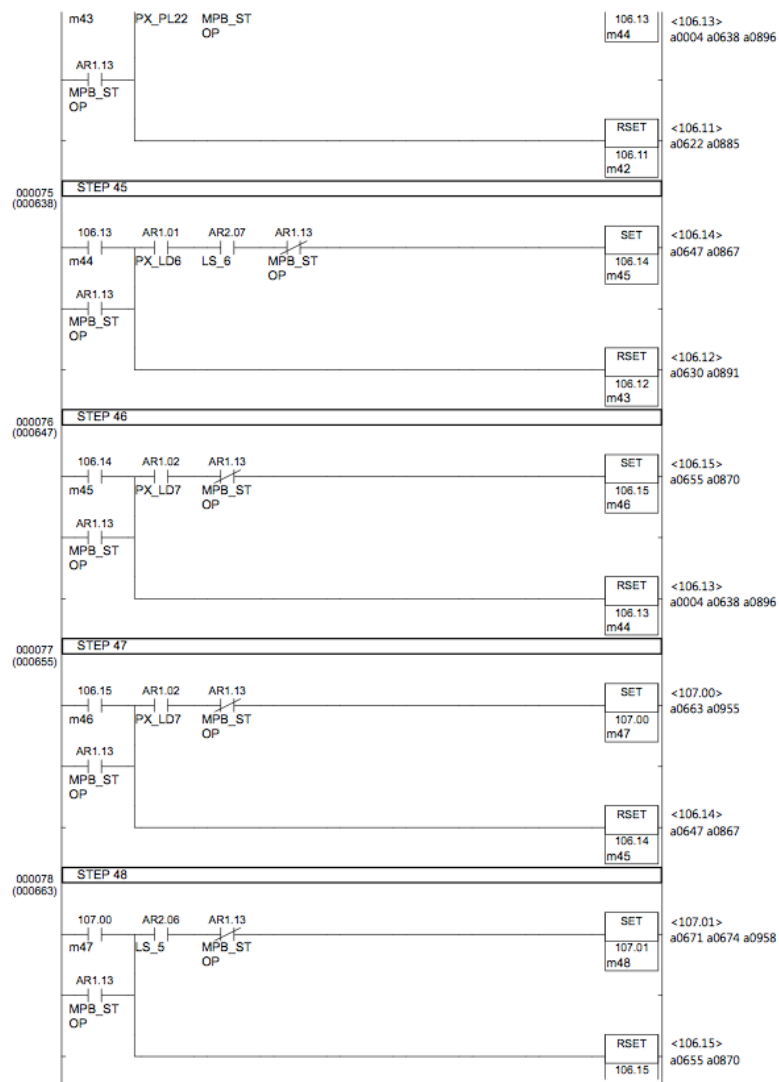


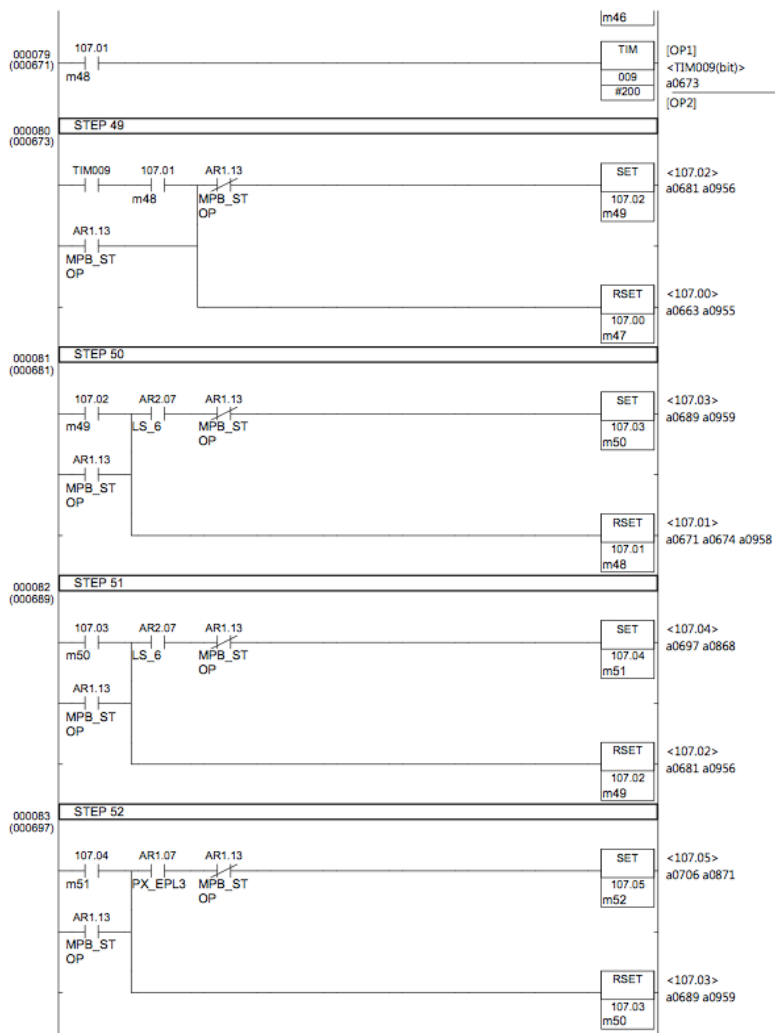


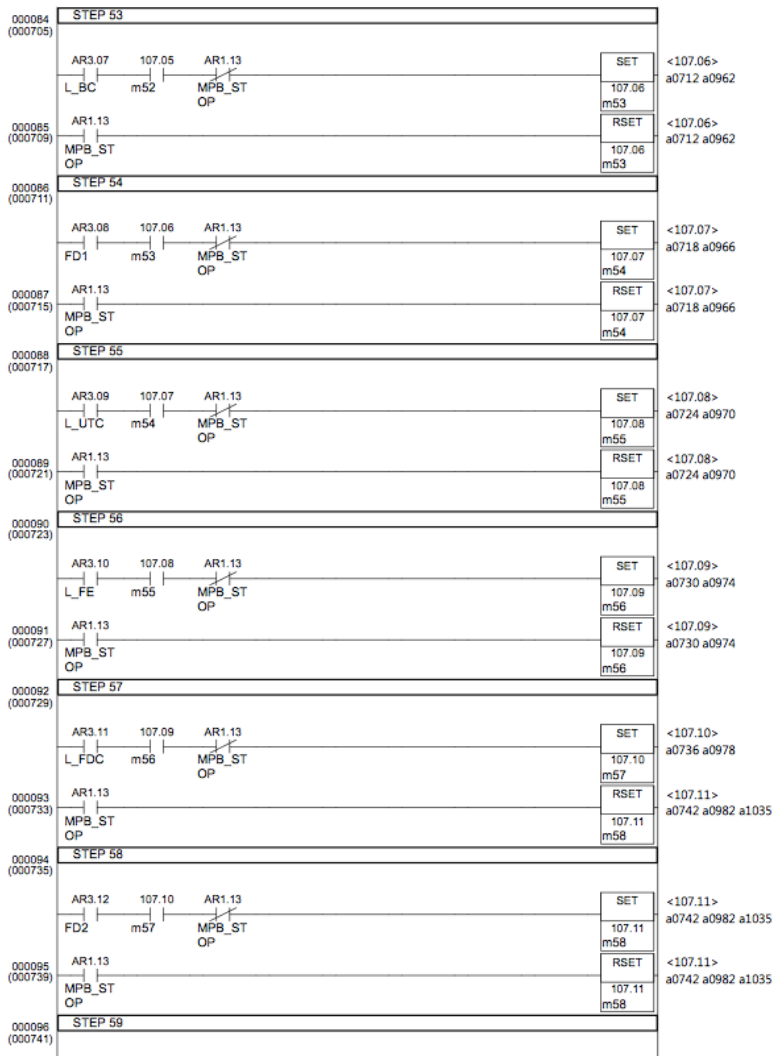


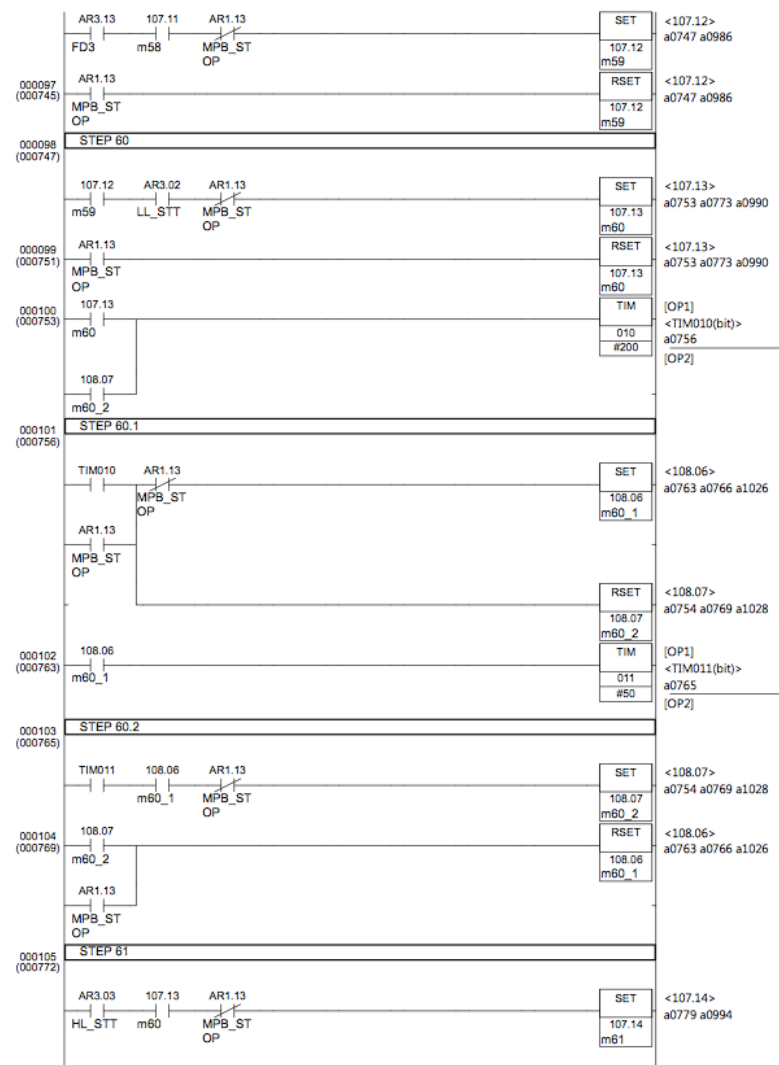


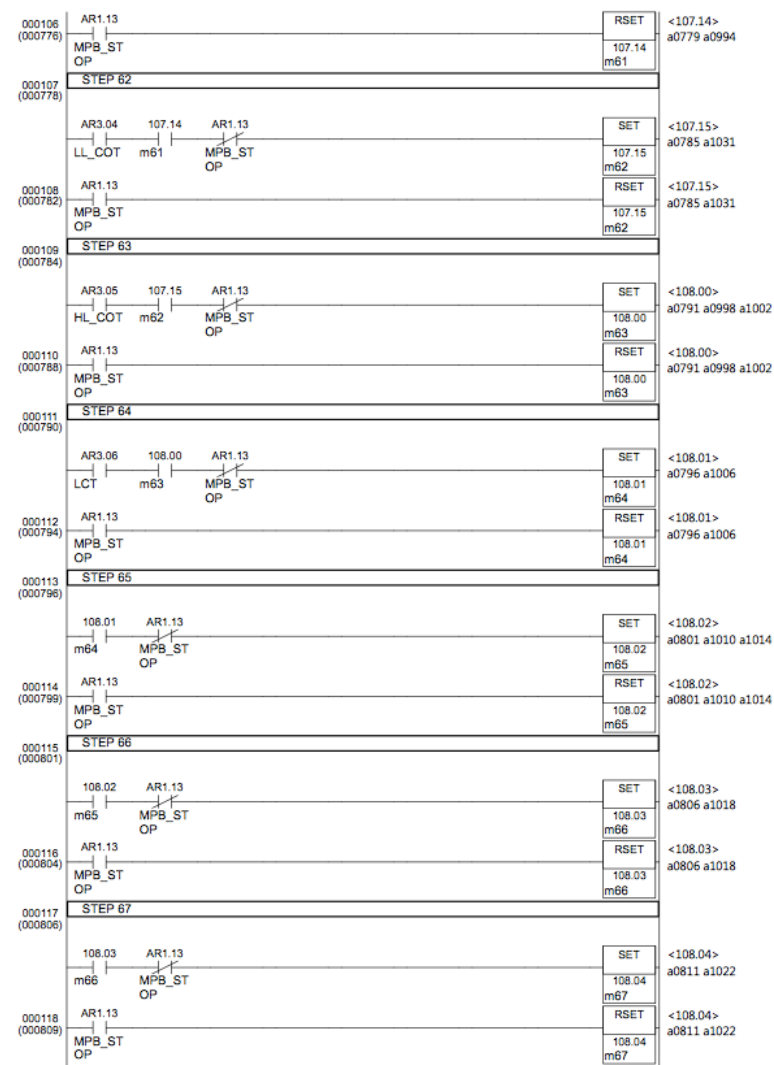


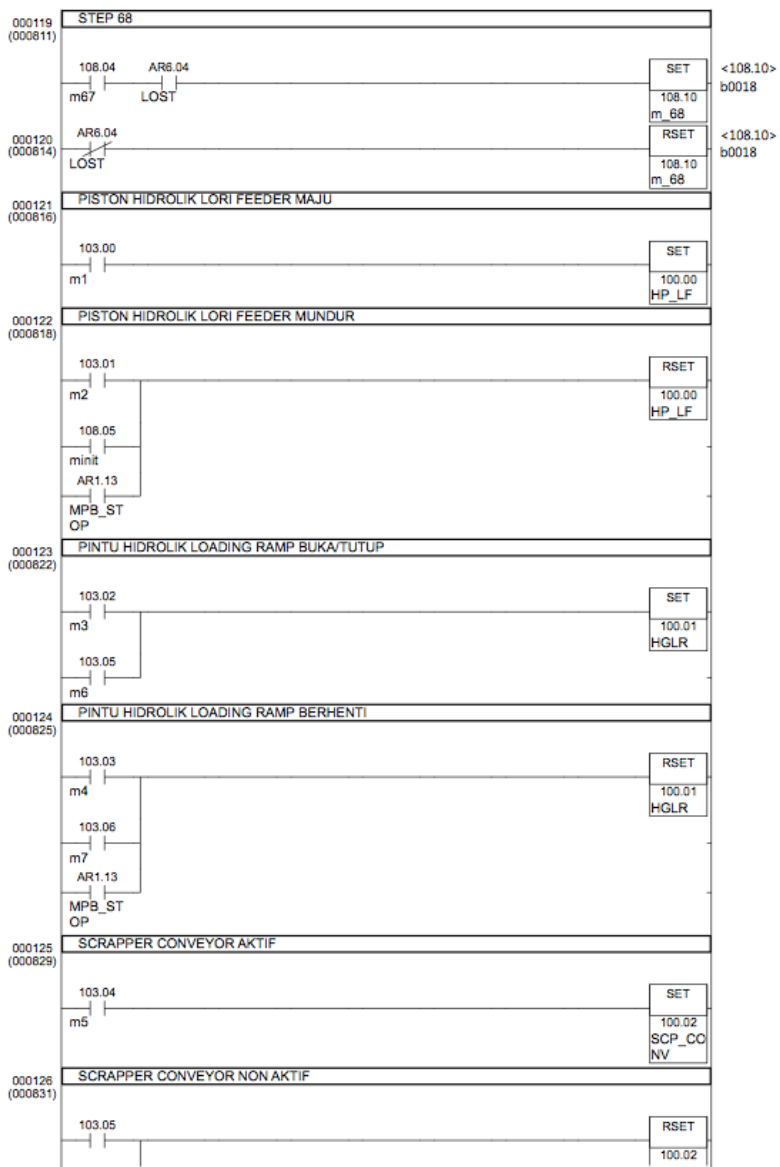


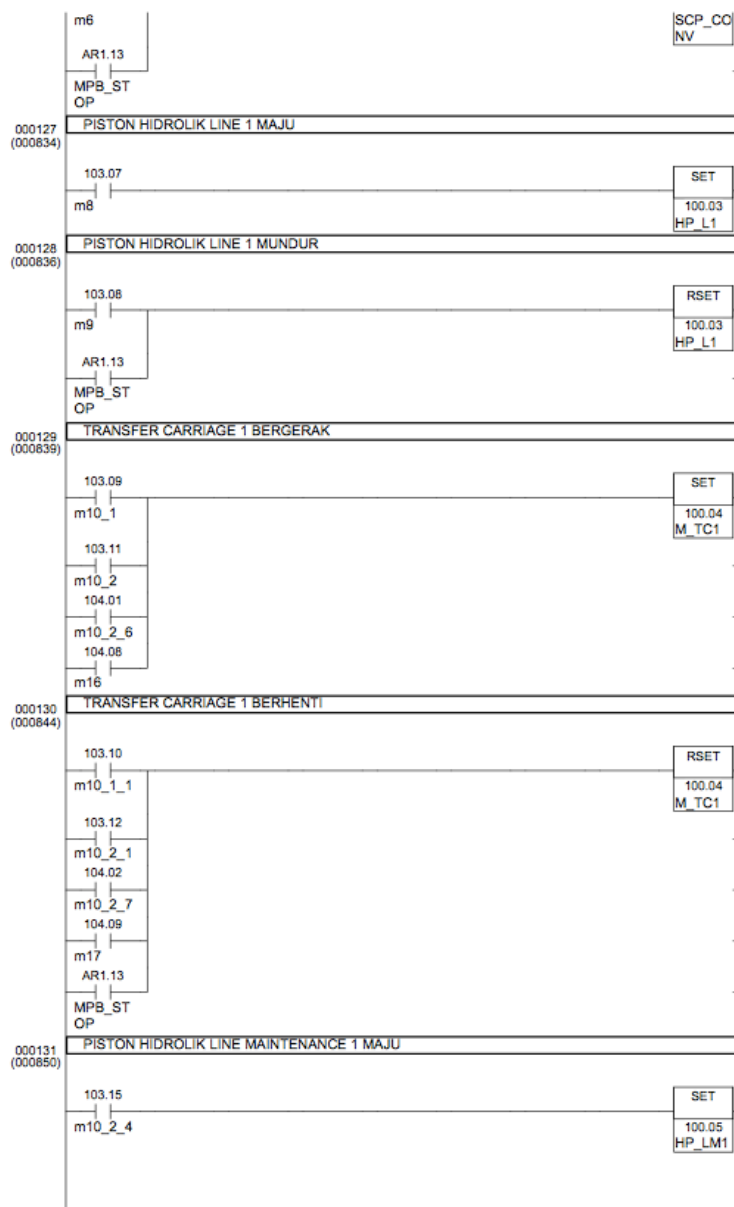


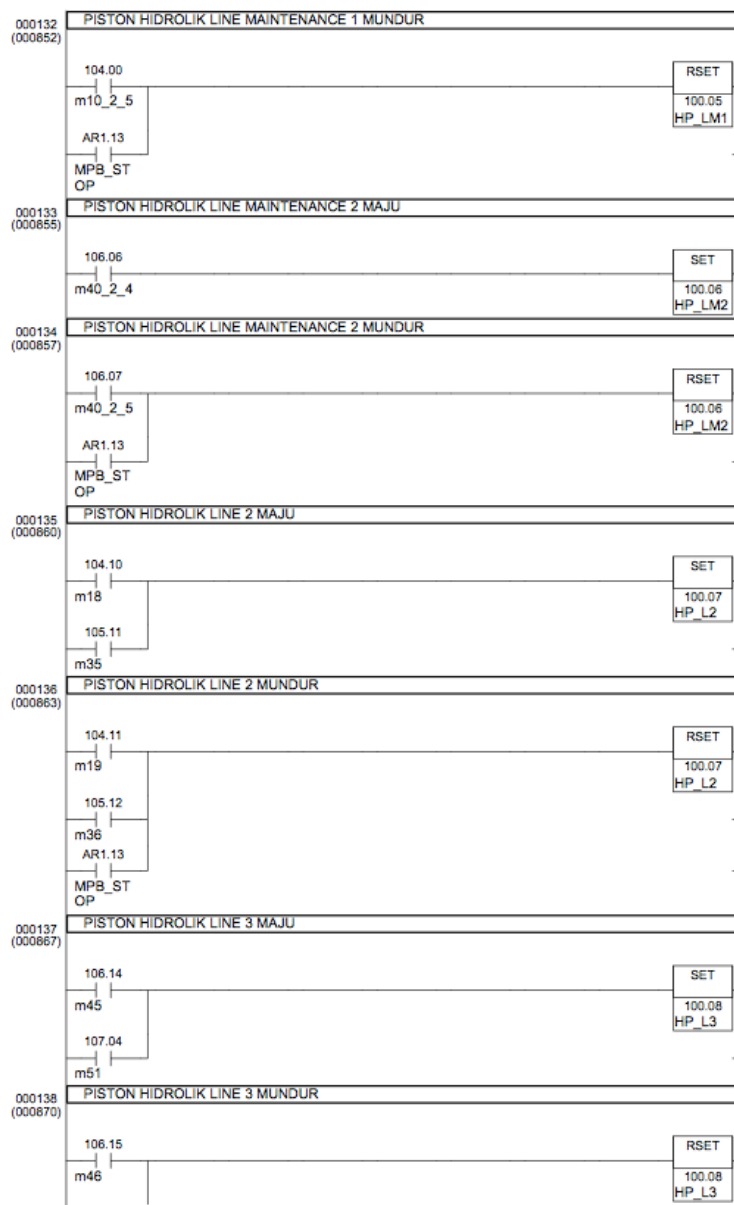


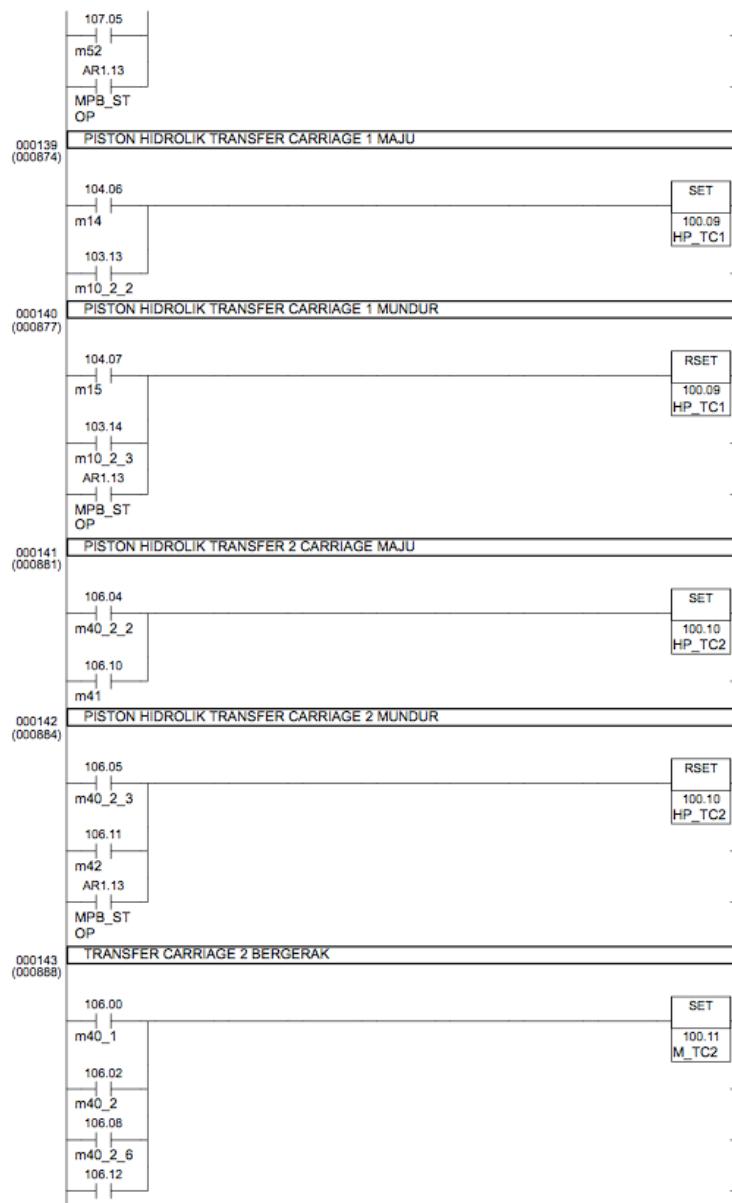


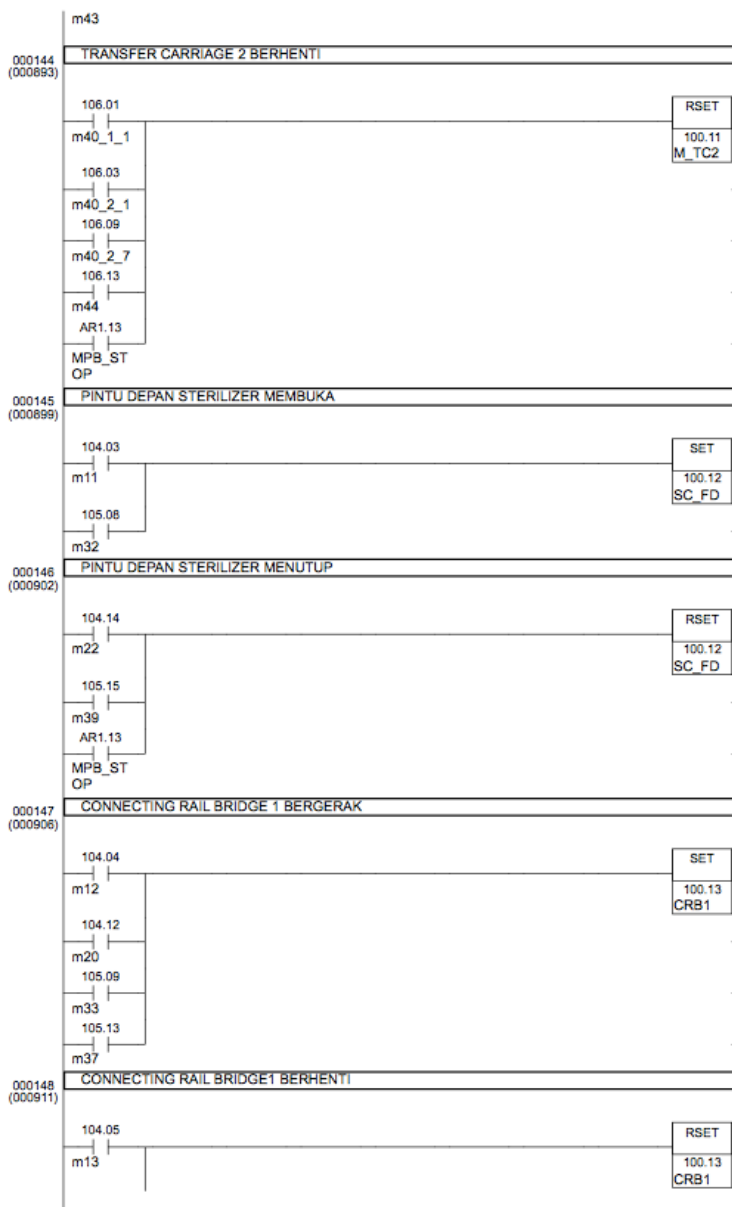


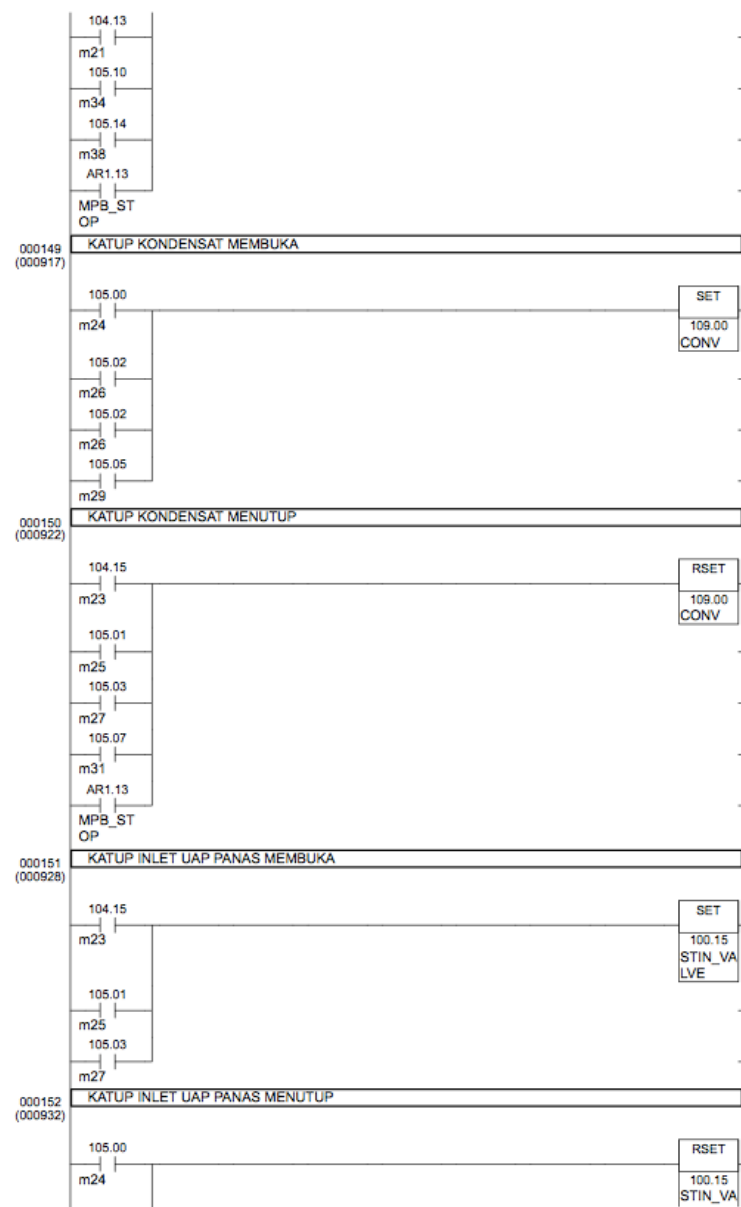


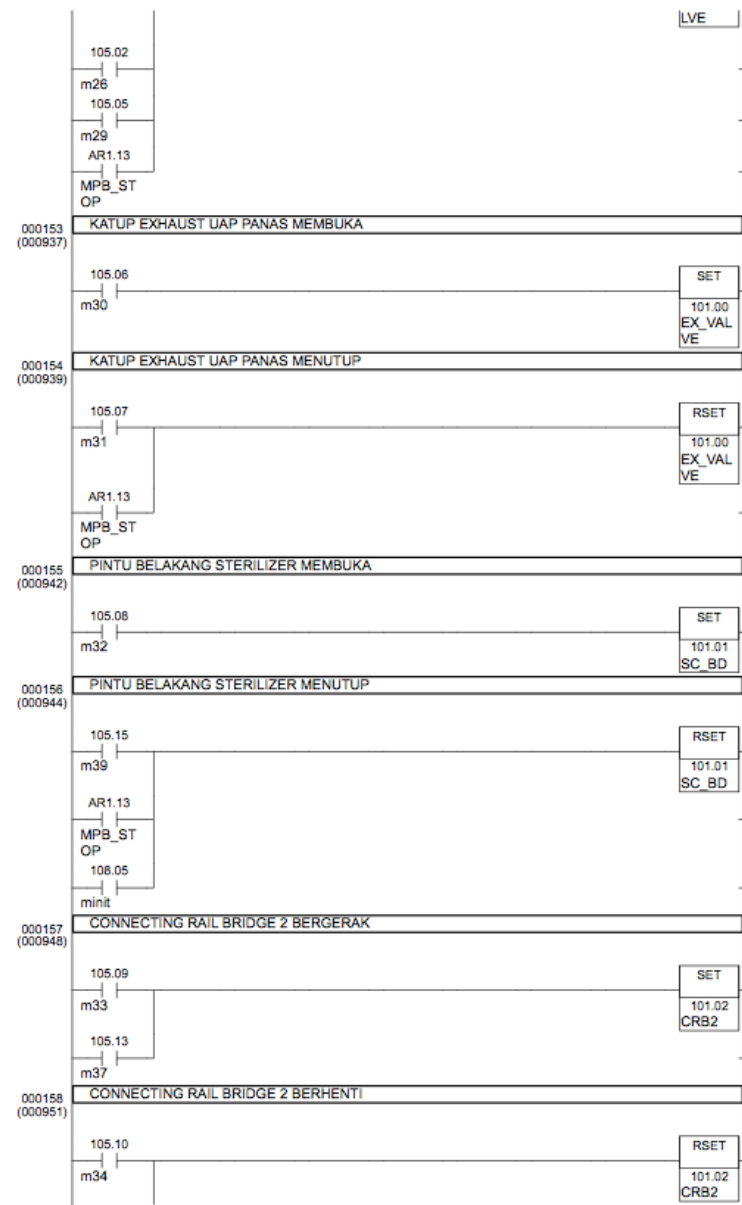


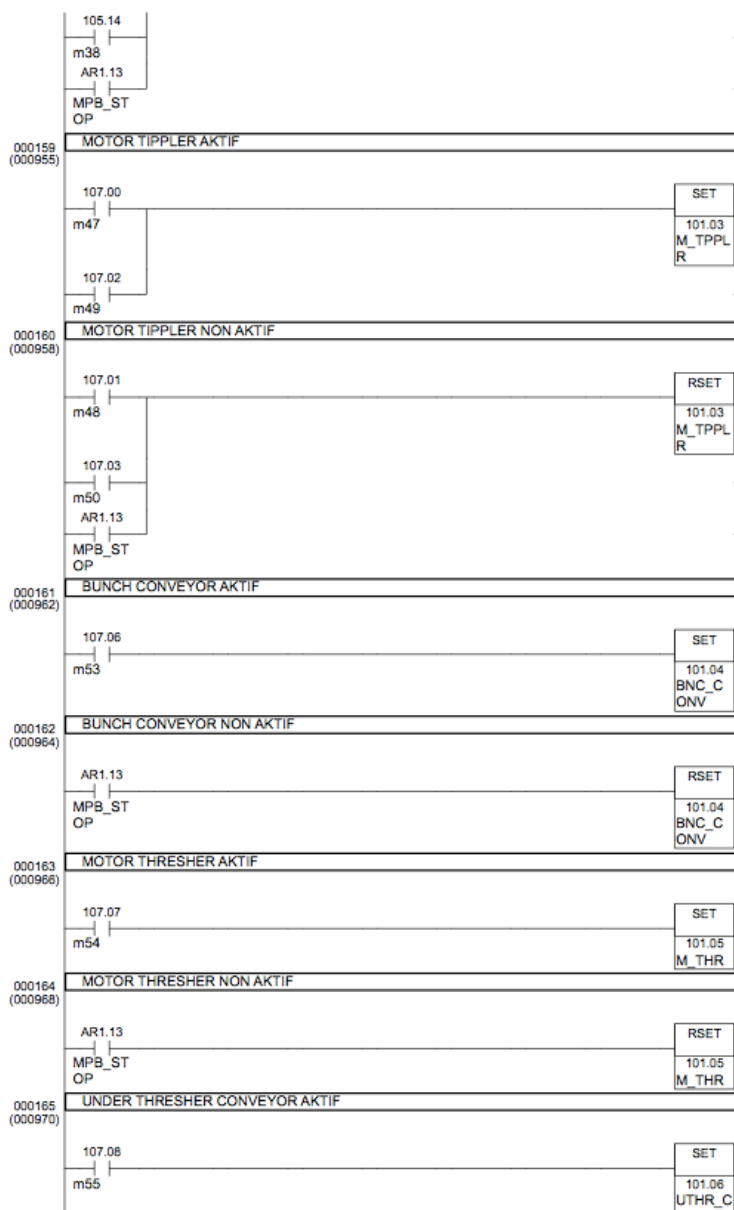








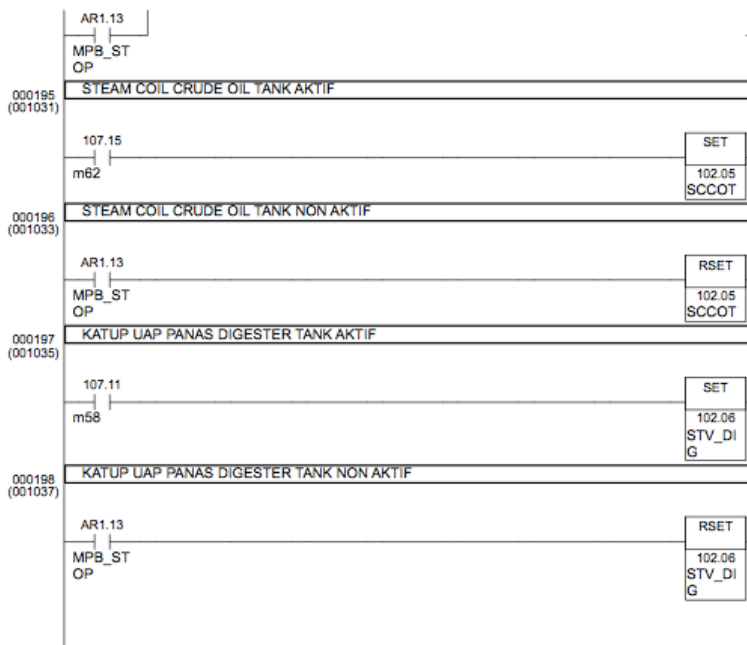




		ONV
000166 (000972)	UNDER THRESHER CONVEYOR NON AKTIF	
	AR1.13	RSET
	MPB_ST	101.06
	OP	UTHR_C ONV
000167 (000974)	FRUIT ELEVATOR AKTIF	
	107.09	SET
	m56	101.07
		FRELV
000168 (000976)	FRUIT ELEVATOR NON AKTIF	
	AR1.13	RSET
	MPB_ST	101.07
	OP	FRELV
000169 (000978)	FRUIT DISTRIBUTING CONVEYOR AKTIF	
	107.10	SET
	m57	101.08
		FDC
000170 (000980)	FRUIT DISTRIBUTING CONVEYOR NON AKTIF	
	AR1.13	RSET
	MPB_ST	101.08
	OP	FDC
000171 (000982)	MOTOR DIGESTER AKTIF	
	107.11	SET
	m58	101.09
		M_BSD
000172 (000984)	MOTOR DIGESTER NON AKTIF	
	AR1.13	RSET
	MPB_ST	101.09
	OP	M_BSD
000173 (000986)	MOTOR SCREW PRESS AKTIF	
	107.12	SET
	m59	101.10
		M_SP
000174 (000988)	MOTOR SCREW PRESS NON AKTIF	
	AR1.13	RSET
	MPB_ST	101.10
	OP	M_SP
000175 (000990)	HEATER SAND TRAP AKTIF	

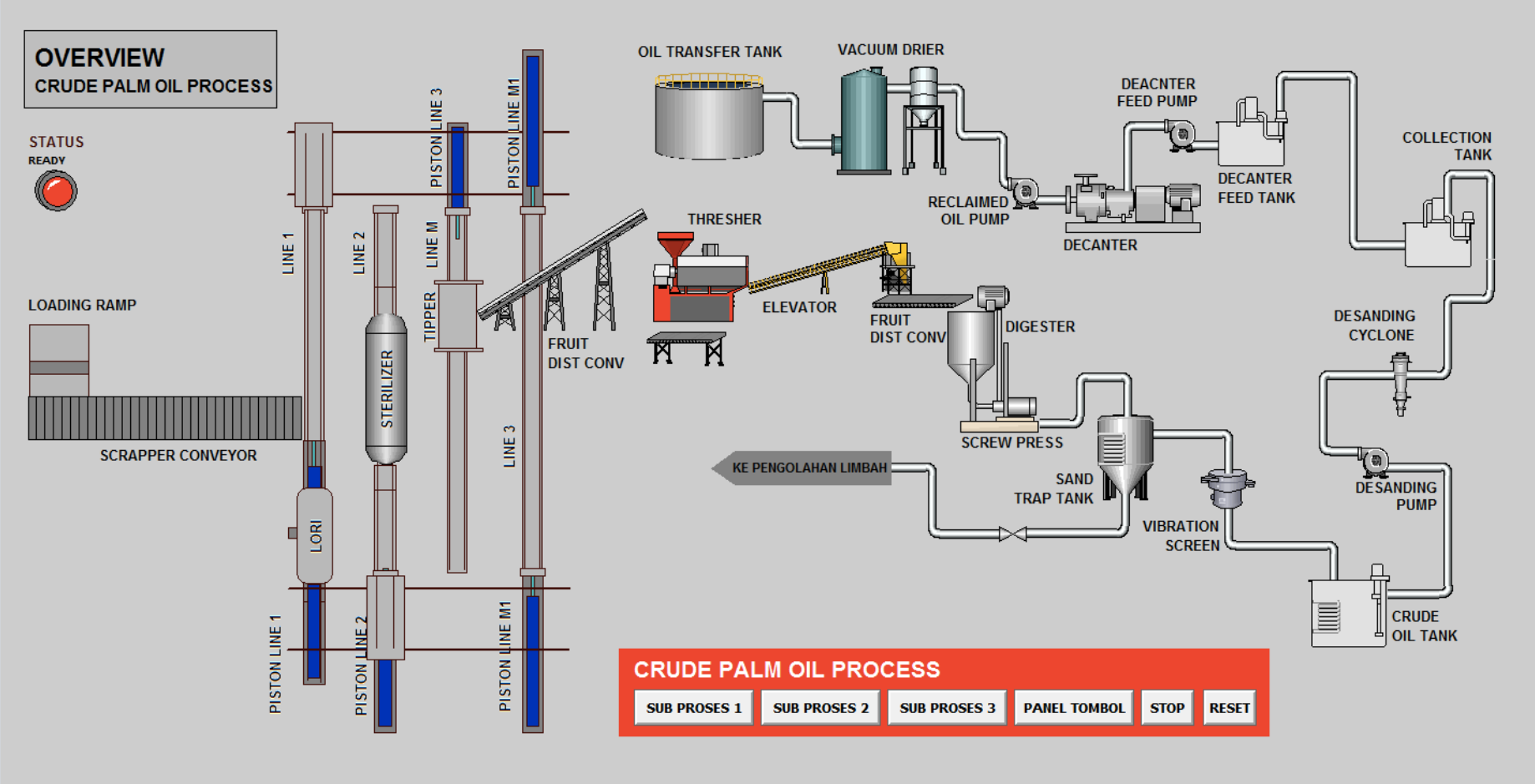
	107.13	SET
	m60	101.11 ST
000176 (000992)	HEATER SAND TRAP NON AKTIF	
	AR1.13	RSET
	MPB_ST OP	101.11 ST
000177 (000994)	MOTOR OIL VIBRATING SCREEN AKTIF	
	107.14	SET
	m61	101.12 M_VS
000178 (000996)	MOTOR OIL VIBRATING SCREEN NON AKTIF	
	AR1.13	RSET
	MPB_ST OP	101.12 M_VS
000179 (000998)	DESANDING PUMP AKTIF	
	108.00	SET
	m63	101.13 DP
000180 (001000)	DESANDING PUMP NON AKTIF	
	AR1.13	RSET
	MPB_ST OP	101.13 DP
000181 (001002)	DESANDING CYCLONE AKTIF	
	108.00	SET
	m63	101.14 DC
000182 (001004)	DESANDING CYCLONE NON AKTIF	
	AR1.13	RSET
	MPB_ST OP	101.14 DC
000183 (001006)	DECANTER FEED PUMP AKTIF	
	108.01	SET
	m64	101.15 DEC_FP
000184 (001008)	DECANTER FEED PUMP NON AKTIF	
	AR1.13	RSET
	MPB_ST OP	101.15 DEC_FP

000185 (001010)	MOTOR DECANTER AKTIF		
	108.02	SET	
	m65	102.00	M_DEC
000186 (001012)	MOTOR DECANTER NON AKTIF		
	AR1.13	RSET	
	MPB_ST	102.00	M_DEC
	OP		
000187 (001014)	RECLAIMED OIL PUMP AKTIF		
	108.02	SET	
	m65	102.01	REC_OP
000188 (001016)	RECLAIMED OIL PUMP NON AKTIF		
	AR1.13	RSET	
	MPB_ST	102.01	REC_OP
	OP		
000189 (001018)	VACUUM DRIER AKTIF		
	108.03	SET	
	m66	102.02	VD
000190 (001020)	VACUUM DRIER NON AKTIF		
	AR1.13	RSET	
	MPB_ST	102.02	VD
	OP		
000191 (001022)	OIL TRANSFER PUMP AKTIF		
	108.04	SET	
	m67	102.03	OTP
000192 (001024)	OIL TRANSFER PUMP NON AKTIF		
	AR1.13	RSET	
	MPB_ST	102.03	OTP
	OP		
000193 (001026)	KATUP PEMBUANGAN PASIR AKTIF		
	108.06	SET	
	m60_1	102.04	KPP
000194 (001028)	KATUP PEMBUANGAN PASIR NON AKTIF		
	108.07	RSET	
	m60_2	102.04	KPP

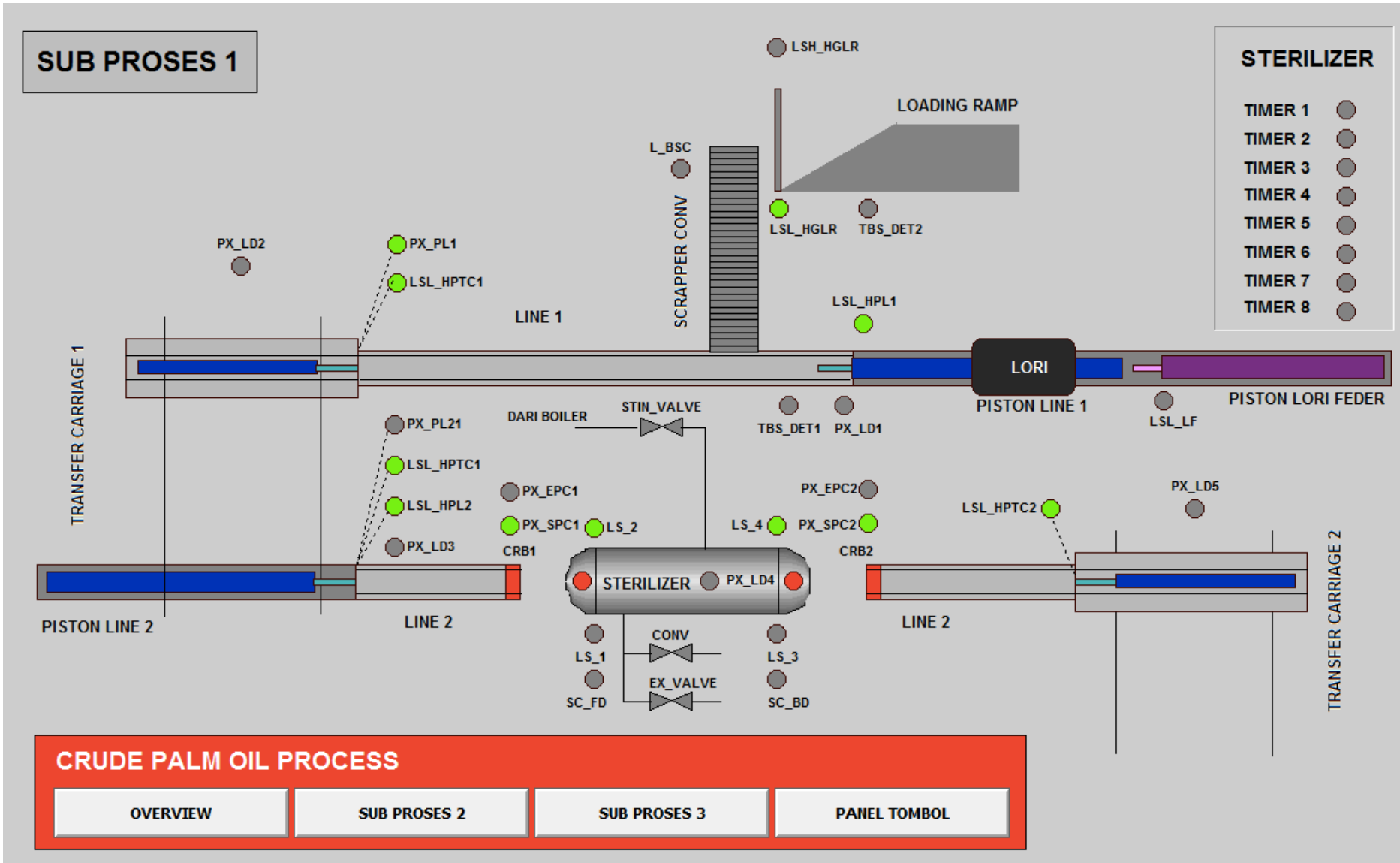


Tampilan HMI *Crude Palm Oil Process*

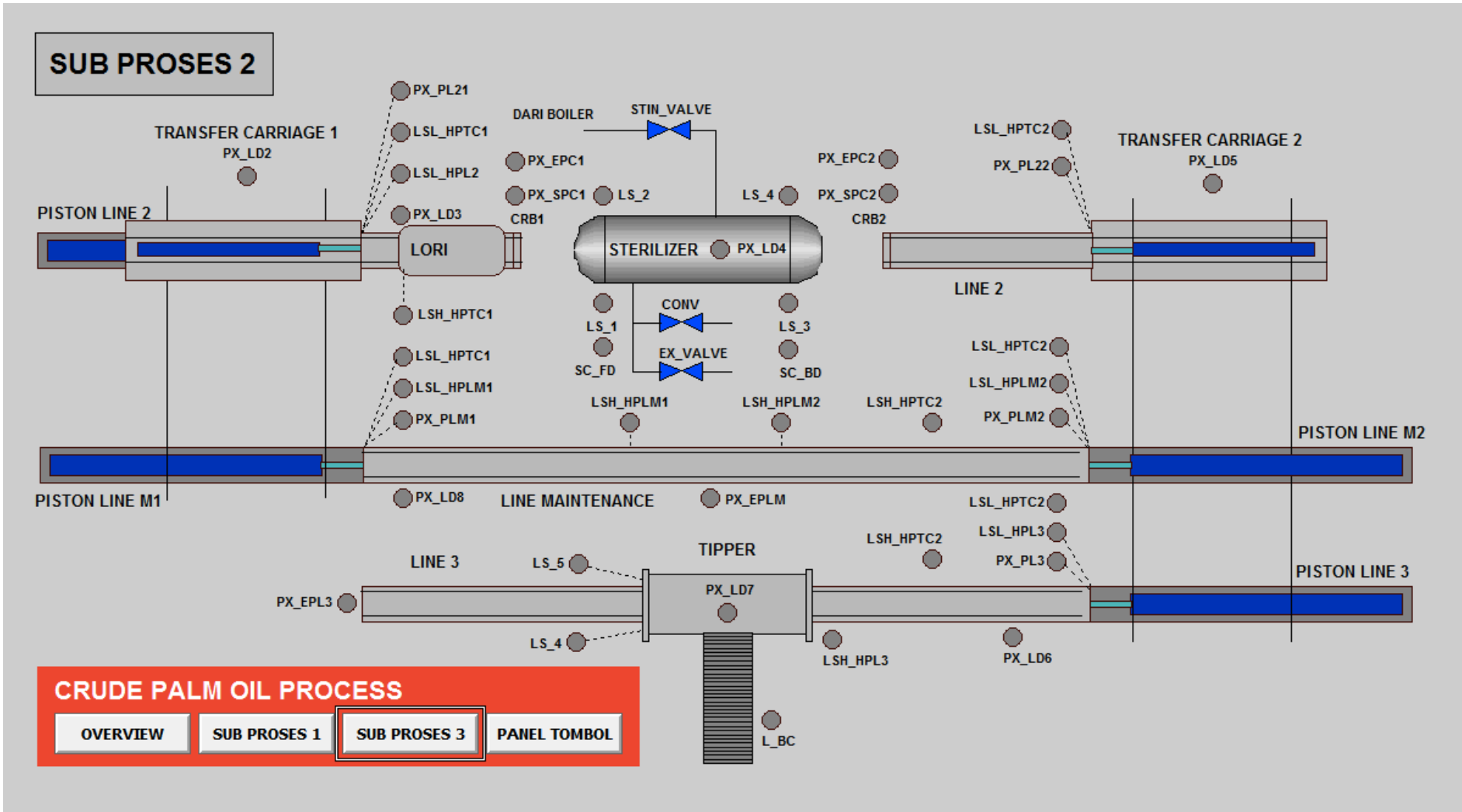
Halaman *Overview*



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

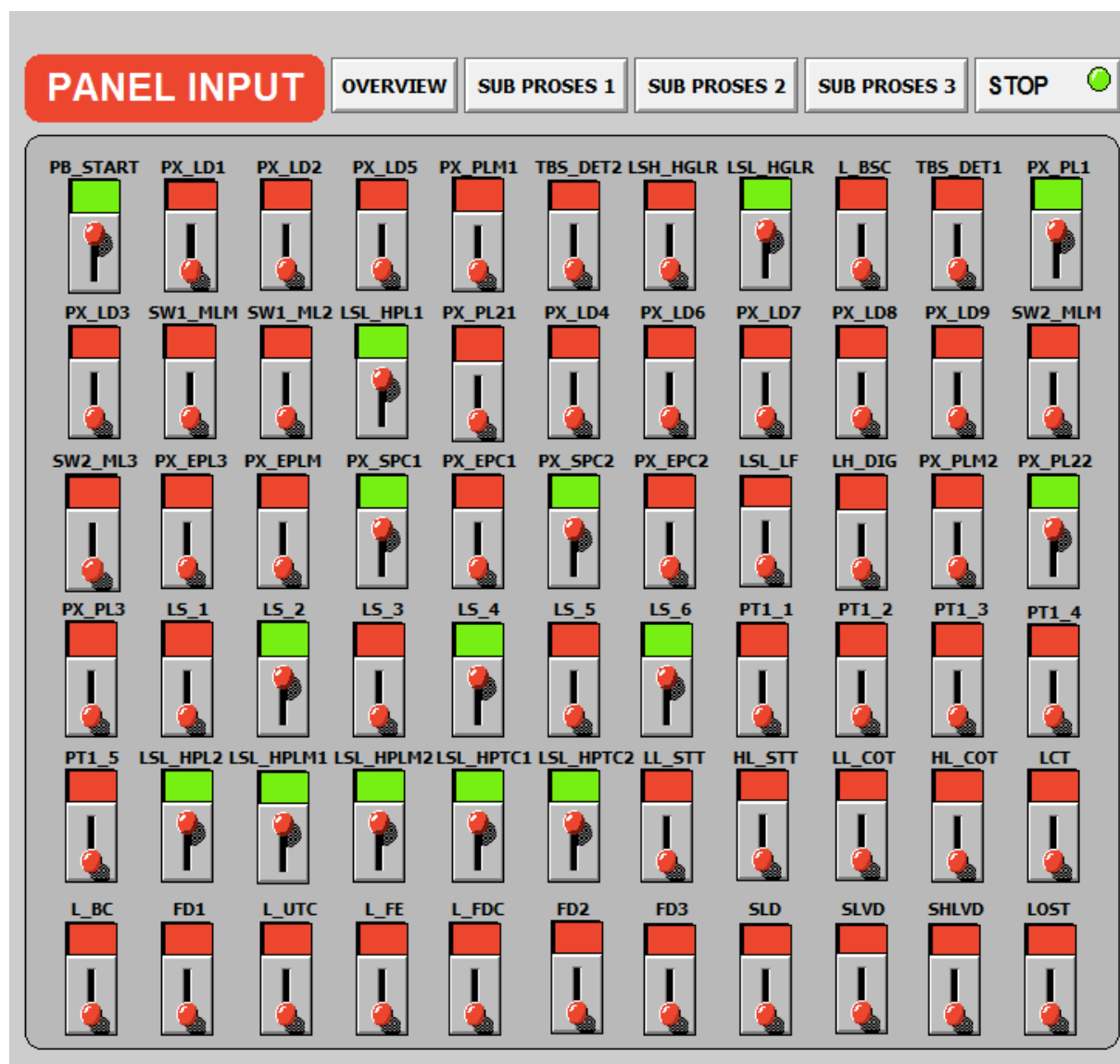


[Halaman ini sengaja dikosongkan]



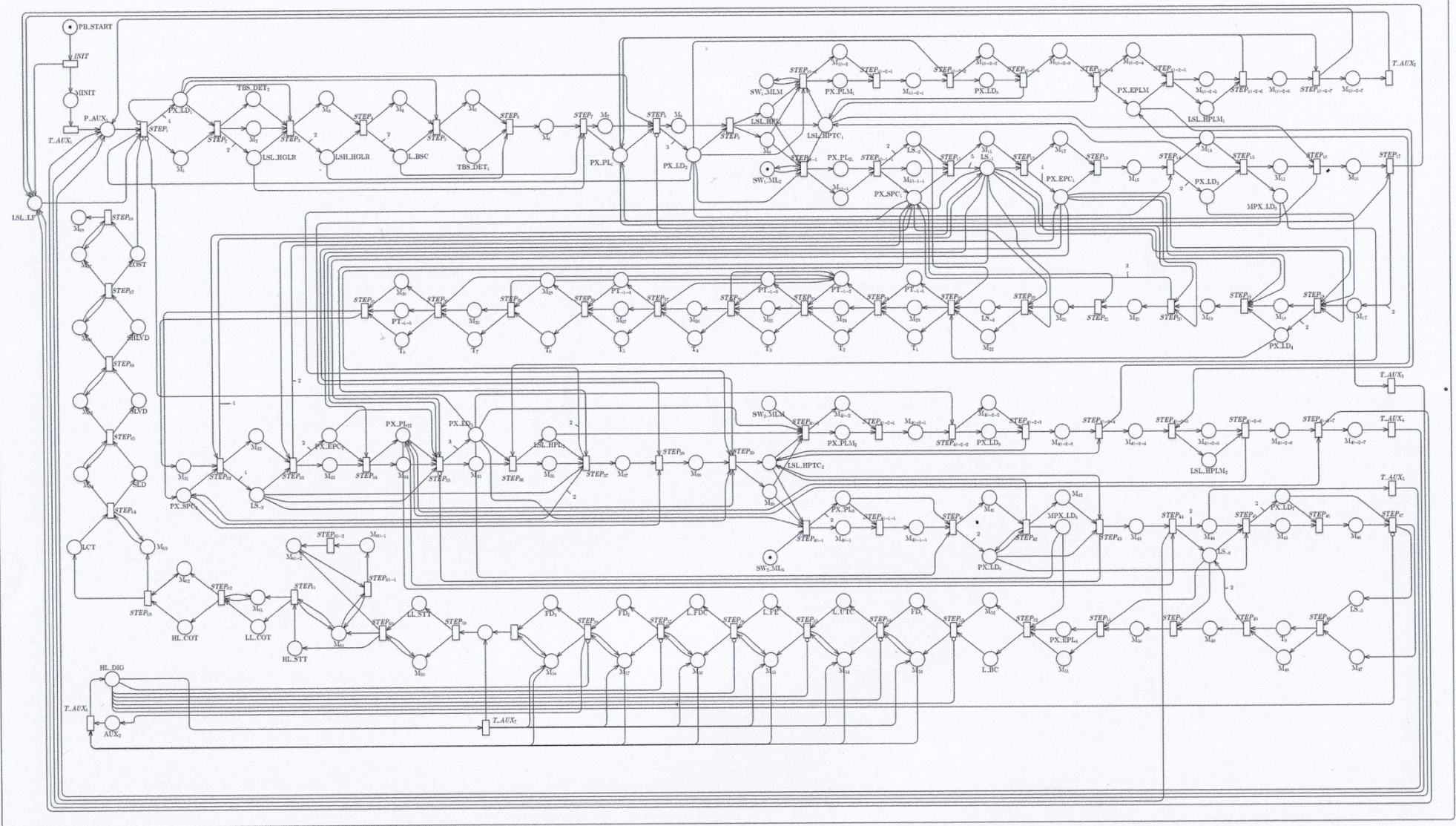
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

[Halaman ini sengaja dikosongkan]



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Model Petri Net Secara Keseluruhan untuk Crude Palm Oil Process



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

RIWAYAT HIDUP



Rifqi Zain, lahir di Bandung pada tanggal 24 Maret 1994. Putra pertama dari pasangan ayahanda Sjaiful Anwar dan ibunda Ayi Syarifah Auliani. Setelah menempuh pendidikan formal di SDN Andir Kidul II, SMP Islam Terpadu Baitul Anshor dan SMA Alfa Centauri, penulis melanjutkan melanjutkan studi Diploma 3 jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika di Politeknik Manufaktur Negeri Bandung dan lulus tahun 2015. Kemudian melanjutkan kuliah Lintas Jalur Sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil Jurusan Teknik Elektro, Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan.

Kontak: rifqizain24@gmail.com

[Halaman ini sengaja dikosongkan]